



Санкт-Петербургский  
государственный  
университет

# ХИМИЯ

Школьные олимпиады СПбГУ

2020

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ШКОЛЬНЫЕ ОЛИМПИАДЫ СПбГУ 2020

# ХИМИЯ

*Учебно-методическое пособие*



ИЗДАТЕЛЬСТВО САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

УДК 54  
ББК 24  
Ш673

С о с т а в и т е л и: А. Г. Глухарев, Д. В. Дарьин, Н. С. Иванов,  
М. А. Крапивин, А. С. Мерещенко, М. Ю. Скрипкин, В. Н. Сорокоумов,  
Н. Г. Суходолов, А. Ю. Тимошкин, А. В. Федорова,  
В. Д. Хрипун (отв. редактор), С. М. Шугуров

**Школьные олимпиады СПбГУ 2020. Химия: учеб.-метод. пособие**  
Ш673 / под ред. В. Д. Хрипуна. — СПб.: Изд-во С.-Петербур. ун-та, 2020. —  
112 с.

ISBN 978-5-288-06052-6

Сборник задач отборочного и заключительного этапов Олимпиады школьников Санкт-Петербургского государственного университета по химии с решениями и указаниями к решению.

Издание предназначено для подготовки к участию в Олимпиадах школьников СПбГУ.

**УДК 54**  
**ББК 24**

ISBN 978-5-288-06052-6

© Санкт-Петербургский  
государственный университет, 2020

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Введение</b> .....	5
<b>История Олимпиады СПбгу по химии</b> .....	6
<b>Правила проведения Олимпиады школьников СПбГУ по химии</b> .....	10
<b>Условия задач</b>	
Отборочный этап .....	15
8-й класс .....	15
9-й класс .....	18
10-й класс .....	22
11-й класс .....	26
Заключительный этап .....	32
8-й класс .....	32
9-й класс .....	39
10-й класс .....	42
11-й класс .....	51
<b>Решения задач</b>	
Отборочный этап .....	66
8-й класс .....	66
9-й класс .....	71
10-й класс .....	79
11-й класс .....	85
Заключительный этап .....	90
8-й класс .....	90
9-й класс .....	94
10-й класс .....	98
11-й класс .....	103
<b>Рекомендуемая литература</b> .....	110
<b>Заключение</b> .....	111

## ВВЕДЕНИЕ

Подготовка химиков в Санкт-Петербургском университете имеет глубокие исторические корни: Институт химии СПбГУ — один из старейших химических факультетов России. Химия как наука и предмет преподавания появилась в Санкт-Петербургском университете в конце 20-х годов XVIII века и получила своё развитие в 40-х годах того же столетия благодаря работам М. В. Ломоносова. В начале XIX века при физико-математическом факультете была организована кафедра химии, во главе которой стояли профессор М. Ф. Соколов, а затем основатель русской химической школы А. А. Воскресенский, ученик Юстуса Либиха. История развития химической науки и химического образования в Санкт-Петербургском университете неразрывно связана с именами таких выдающихся российских ученых как Д. И. Менделеев, Н. А. Меншуткин, А. М. Бутлеров, М. С. Вревский, С. В. Лебедев, Н. Н. Бекетов, Н. Н. Соколов, Д. П. Коновалов, Л. А. Чугаев, А. Е. Фаворский. В настоящее время химическое образование в Санкт-Петербургском университете опирается на мощный учебно-научный комплекс, включающий учебный и научно-исследовательский центры, чем достигается тесная интеграция фундаментальной и практической ориентации образования и научной работы.

## ИСТОРИЯ ОЛИМПИАДЫ СПбГУ ПО ХИМИИ

Основой дальнейшего развития химической науки и образования является работа с одаренными школьниками, талантливыми студентами, успешными молодыми исследователями. Одной из важнейших форм этой деятельности является проведение Олимпиады школьников Санкт-Петербургского государственного университета по химии, которая была **основана и регулярно проводится с 1996 года**.

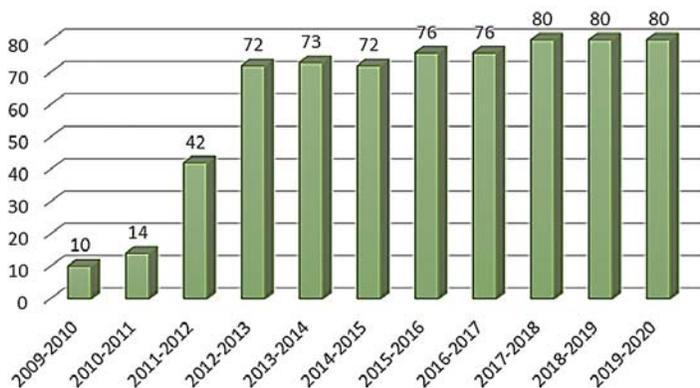
С момента основания Олимпиады и до 2008 года председателем организационного комитета являлся выдающийся педагог высшей школы Дмитрий Васильевич Корольков, д-р хим. наук, профессор, Заслуженный работник высшей школы. В 2017 году в состав Жюри и Методической комиссии Олимпиады вошли известные деятели образования и учёные в области химических наук: д-р хим. наук, профессор, академик РАН, заведующий кафедрой физической органической химии Вадим Юрьевич Кукушкин; д-р хим. наук, профессор, академик РАН, заведующий кафедрой коллоидной химии Анатолий Иванович Русанов; канд. хим. наук, доцент кафедры общей и неорганической химии Алексей Юрьевич Тимошкин; канд. хим. наук, доцент кафедры коллоидной химии Николай Геннадьевич Суходолов; канд. хим. наук, доцент кафедры общей и неорганической химии Василий Дмитриевич Хрипун. Регулярно в организации Олимпиады принимают участие не только сотрудники Института химии Санкт-Петербургского университета, но и сотрудники ведущих научных институтов — д-р хим. наук, заведующий лабораторией Института высокомолекулярных соединений РАН Андрей Юрьевич Ершов; д-р хим. наук, профессор, академик РАН, директор Института органической химии имени Н. Д. Зелинского РАН Михаил Петрович Егоров и многие другие. Для продвижения Олимпиады проводятся профориентационные мероприятия по следующим направлениям:

- проведение выступлений перед учащимися старших классов, с целью их профориентации, а также создание групп общения (в рамках инновационных развивающих программ для старшеклассников и абитуриентов);
- проведение совместных мероприятий по программе работы с одаренными школьниками с другими подразделениями Университета;
- участие школьников в традиционных профориентационных мероприятиях (Дни открытых дверей);
- проведение выездных лекций и семинаров на базе школ-партнеров Санкт-Петербургского университета, а также проведение лабораторных и исследовательских работ для школьников на базе химического факультета Санкт-Петербургского университета;
- проведение научно-практических конференций и конкурсов для школьников.

Результаты работы с одарёнными школьниками наглядно демонстрируют данные, показывающие постоянный рост интереса старшеклассников Санкт-Петербурга и регионов России к Олимпиаде школьников СПбГУ по химии. В 2007/2008 учебном году в Олимпиаде участвовали 340 школьников, в 2008/2009 учебном году — уже 603 старшеклассника, в 2009/2010 учебном году — 671 старшеклассник, а в 2010/2011 учебном году участниками Олимпиады стали 1975 школьников из России и зарубежных государств. В 2011/2012 учебном году в Олимпиаде школьников СПбГУ по химии приняли участие 4210 школьников из 72 регионов России, а также из 10 иностранных государств), в 2012/2013 — 3602 участника, в 2016/2017 — 3592 участника, в 2017/2018 — 3702 школьника, в 2018/2020 — более 4000 человек.

Также рост интереса к Олимпиаде может быть прослежен по динамике числа регионов Российской Федерации, представители которых участвовали в Олимпиаде: до 2000 года — только школьники Санкт-Петербурга и Ленинградской области, далее постоянный рост числа регионов: 2009/2010 год — 10 регионов России, Республика Казахстан; 2010/2011 год — 14 регионов России; 2011/2012 год — 42 региона РФ, Республика Казахстан, Киргизская Республика; 2012/2013 год — 72 региона России, 10 иностранных государств (Азербайджан, Беларусь,

Число регионов участников Олимпиады



Динамика роста числа регионов — участников с 2009 года по 2020 год

Болгария, Греция, Италия, Казахстан, Кыргызстан, Литва, Молдавия, Украина); 2013/2014 год — 73 региона России и 11 иностранных государств (Армения, Беларусь, Грузия, Казахстан, Киргизия, Латвия, Молдова, Таджикистан, Украина, Эстония); 2014/2015 год — 72 региона России и 10 иностранных государств (Армения, Азербайджан, Беларусь, Казахстан, Кыргызстан, Литва, Молдавия, Таджикистан, Украина); 2015/2016 и 2016/2017 год — 76 регионов России и 10 иностранных государств (Армения, Азербайджан, Беларусь, Казахстан, Кыргызстан, Литва, Молдавия, Таджикистан, Эстония, Украина); с 2018 года — 80 регионов России и 10 иностранных государств (Армения, Азербайджан, Беларусь, Казахстан, Кыргызстан, Литва, Молдавия, Таджикистан, Эстония, Украина).

В 2008/2009 учебном году Олимпиада школьников СПбГУ по химии вошла в Перечень олимпиад школьников, утверждаемый Министерством образования и науки Российской Федерации, по результатам оценки экспертных комиссий Российского совета олимпиад школьников Олимпиаде на протяжении двух лет присваивался **III уровень**. По итогам проведения Олимпиады в 2010/2011 учебном году данное интеллектуальное соревнование было вновь включено в Перечень олимпиад школьников, а по итогам проведения в 2011/2012 учебном году экспертными комиссиями РСОШ Олимпиаде был рекомендован **II уровень**. В 2012/2013 учебном году Олимпиаде школьников СПбГУ по химии был присвоен **III уровень**. Начиная с 2013/2014 года и по

2017/2018 год олимпиаде присваивался **II уровень** (за исключением 2016/2017 года — III уровень). В 2018/2019 учебном году Олимпиада школьников СПбГУ стала олимпиадой **I уровня** и сохранила этот статус в 2019/2020 году.

Для повышения уровня доступности Олимпиады для участников, наряду с увеличением числа регионов и городов России, в которых проводились выездные очные туры отборочного и заключительного этапов Олимпиады, в 2010/2011 учебном году впервые был введен дистанционный отборочный этап Олимпиады. Начиная с 2016/2017 учебного года отборочный этап полностью проводится в дистанционной форме. Переход к дистанционной форме отборочного этапа позволил расширить географию участников Олимпиады с 14 регионов в 2010/2011 учебном году до 80, начиная с 2017/2018 учебного года.

## ПРАВИЛА ПРОВЕДЕНИЯ ОЛИМПИАДЫ ШКОЛЬНИКОВ СПБГУ ПО ХИМИИ

Основным каналом доступа к информации об Олимпиаде является официальный сайт СПбГУ (<http://spbu.ru/>) и (<http://olympiada.spbu.ru/>), а также страница официального сайта химического факультета СПбГУ (<http://www.chem.spbu.ru/action/abiturient/olympiad.html>), где размещена ссылка на основную страницу Олимпиады школьников СПбГУ. Постоянно работает канал обратной связи с участниками Олимпиады ([olymp@priem.ru](mailto:olymp@priem.ru), [chem-olymp@spbu.ru](mailto:chem-olymp@spbu.ru)). Ссылки на информацию на сайте СПбГУ доводятся до старшеклассников на всех профориентационных мероприятиях. С 2017/2018 года проводятся **онлайн-лекции-консультации** по химии на которых обсуждаются общие вопросы участия в Олимпиаде, проводится разбор задач и даются методические указания к решению. Записи лекций-консультаций доступны на официальном канале Университета <https://www.youtube.com/user/wwwspburu/videos>.

Регистрация и прохождение отборочного этапа осуществляется на основе платформы Blackboard (<https://olymp.spbu.ru/Account/LogOn>). Для тренировки участникам Олимпиады доступен **пробный вариант** Олимпиады, составленный на основе заданий прошлых лет, полностью имитирующий прохождение отборочного этапа в интерактивной системе.

*Регулярно на первый курс естественнонаучных направлений подготовки и специальностей СПбГУ поступает до 50 % победителей и призеров Олимпиады. Результаты сессий победителей и призеров Олимпиады школьников СПбГУ по химии значительно выше среднего уровня.*

## Отзывы победителей и призёров Олимпиады школьников СПбГУ по химии прошлых лет

*«Я принимал участие в одной из первых Олимпиад, проводимых химическим факультетом СПбГУ для школьников. Мне, как человеку, интересующемуся и увлеченному химией, было чрезвычайно полезно принять участие в Олимпиаде. Представленные на ней задания подразумевали не только прекрасное знание предмета, но и, в отличие от тех задач с которыми я сталкивался в школе, требовали, как я теперь понимаю, творческого подхода. Участие в Олимпиаде дало мне серьезный толчок к дальнейшему развитию, без которого бы я не достиг большей доли успехов. На данный момент я являюсь доцентом химического факультета СПбГУ и членом методической комиссии Олимпиады школьников СПбГУ по химии, четырехкратным обладателем гранта для молодых преподавателей России благотворительного Фонда В. В. Потанина».*



(Хрипун Василий Дмитриевич,  
призер Олимпиады школьников по химии,  
канд. хим. наук, доцент химического факультета СПбГУ)

**В 2019/2020 учебном году отборочный этап Олимпиады школьников СПбГУ проводился в заочной форме с использованием интерактивной системы, размещенной в сети Интернет.**

**Региональные площадки проведения  
заключительного этапа  
Олимпиады школьников СПбГУ по химии  
в 2019/2020 учебном году**

№	Наименование региона	Город	Площадка проведения Олимпиады
1	Приморский край	Владивосток	Дальневосточный Федеральный университет
2	Владимирская область	Владимир	ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет им. Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых» (ВлГУ)
3	Волгоградская область	Волгоград	Волгоградский государственный социально- педагогический университет
4	Воронеж	Воронежская обл.	МБОУ гимназия им. академика Н. Г. Басова при Воронежском государственном университете
5	Свердловская область	Екатеринбург	Уральский государственный экономический университет,
6	Иркутская область	Иркутск	МАОУ Лицей ИГУ
7	Республика Татарстан	Казань	Казанский федеральный университет
8	Калининградская область	Калининград	МАОУ Гимназия № 1
9	Краснодарский край	Краснодар	НЧОУ Лицей «ИСТЭК»
10	Красноярский край	Красноярск	Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М. Ф. Решетнева (СибГАУ)
11	Иркутская область	Иркутск	МАОУ Лицей ИГУ

№	Наименование региона	Город	Площадка проведения Олимпиады
12	Москва	Москва	Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова
	Московская область		
13	Мурманская обл.	Мурманск	ГАПОУ МО Мурманский колледж экономики и информационных технологий
14	Нижегородская область	Нижний Новгород	МБОУ Лицей №165 имени 65-летия «ГАЗ»
15	Кемеровская область	Новокузнецк	МБНОУ Лицей №84 им. В. А. Власова
16	Новосибирская область	Новосибирск	Новосибирский государственный технический университет
17	Пермский край	Пермь	Пермский государственный национальный исследовательский университет
18	Ростовская область	Ростов-на-Дону	ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»
19	Самарская обл.	Самара	МБОУ «Школа № 36 с углубленным изучением отдельных предметов» городского округа Самара
20	Республика Крым	Симферополь	Крымский республиканский институт постдипломного образования
21	Ставропольский край	Ставрополь	МБОУ лицей № 8 г. Ставрополя им. Н. Г. Голодникова
22	Республика Башкортостан	Уфа	Башкирский государственный университет
23	Хабаровский край	Хабаровск	КГАОУ «Краевой центр образования»
24	Челябинская область	Челябинск	Южно-Уральский государственный университет

**Площадки проведения заключительного этапа  
Олимпиады школьников СПбГУ по химии  
в иностранных государствах  
в 2019/2020 учебном году**

№	Страна	Город	Площадка проведения Олимпиады
1	Казахстан	Нур-Султан	Российский центр науки и культуры
2	Киргизия	Бишкек	Российский центр науки и культуры
3	Республика Беларусь	Минск	Российский центр науки и культуры
4	Таджикистан	Душанбе	Российский центр науки и культуры
5	Узбекистан	Ташкент	Российский центр науки и культуры

## Отборочный этап

### || 8-Й КЛАСС

#### Задача № 1

##### *Вариант 1*

Навеску кристаллогидрата соли магния массой 36,9 г растворили в 250 мл воды, получив при этом раствор с массовой долей 6,273 %. Магний из образовавшегося раствора можно полностью осадить с помощью 12 г гидроксида натрия. Установите формулу исходного гидрата.

##### *Вариант 2*

Навеску кристаллогидрата соли меди массой 32,5 г растворили в 250 мл воды, получив при этом раствор с массовой долей 7,363 %. Медь из образовавшегося раствора можно полностью осадить с помощью 10,4 г гидроксида натрия. Установите формулу исходного гидрата.

##### *Вариант 3*

Навеску кристаллогидрата некоторого сульфата массой 32,5 г растворили в 250 г воды, получив при этом раствор с массовой долей 7,363 %. Образовавшийся раствор может полностью прореагировать с 27,04 г хлорида бария. Установите формулу исходного гидрата.

##### *Вариант 4*

Навеску кристаллогидрата некоторого сульфата массой 36,9 г растворили в 250 г воды, получив при этом раствор с массовой долей 6,273 %. Образовавшийся раствор может полностью прореагировать с 31,2 г хлорида бария. Установите формулу исходного гидрата.

## **Задача № 2**

### *Вариант 1*

Соотношение масс элемента и кислорода в оксиде составляет 9 : 8. Установите формулу оксида, напишите три реакции с разными классами соединений, иллюстрирующие свойства этого оксида.

### *Вариант 2*

Соотношение масс элемента и кислорода в оксиде составляет 7 : 20. Установите формулу оксида, напишите три реакции с разными классами соединений, иллюстрирующие свойства этого оксида.

### *Вариант 3*

Соотношение масс элемента и кислорода в оксиде составляет 5 : 2. Установите формулу оксида, напишите три реакции с разными классами соединений, иллюстрирующие свойства этого оксида.

## **Задача № 3**

### *Вариант 1*

При сплавлении 1 г стехиометрической смеси металла и неметалла образовалось белое бинарное соединение. Полученное вещество разделили на три равные части. Первую обработали водой, в результате выпал белый осадок и выделился газ с запахом тухлых яиц. Вторую часть обработали соляной кислотой, при этом образование осадка не наблюдалось, но газ по-прежнему выделялся. Третью часть обработали раствором щёлочи, в результате образовался прозрачный раствор и не выделялся газ.

1. Какие простые вещества могли быть взяты для проведения описанных экспериментов?
2. Напишите уравнения проведённых реакций.
3. Определите объём выделившегося газа при н. у. и массу образовавшегося осадка при обработке его водой.

### *Вариант 2*

При сплавлении 1 г стехиометрической смеси металла и неметалла образовалось черно-коричневое бинарное соединение. Полученное вещество разделили на три равные части. Первую обработали водой, в результате выпал зелёный осадок и выделился газ с запахом тухлых яиц. Вторую часть обработали соляной кислотой, при этом образова-

ние осадка не наблюдалось, но газ по-прежнему выделялся. Третью часть обработали раствором щёлочи, в результате образовался прозрачный раствор и не выделялся газ.

1. Какие простые вещества могли быть взяты для проведения описанных экспериментов?
2. Напишите уравнения проведённых реакций.
3. Определите объём выделившегося газа при н. у. и массу образовавшегося осадка при обработке его водой.

#### **Задача № 4**

##### *Вариант 1*

Предложите не менее 10 веществ, которые можно получить в одну или несколько стадий, используя в качестве исходных веществ **только** английскую соль и хлороводород. Укажите условия протекания реакций. Набор оборудования считать неограниченным (кроме необходимого для ядерных превращений).

##### *Вариант 2*

Предложите не менее 10 веществ, которые можно получить в одну или несколько стадий, используя в качестве исходных веществ **только** азурит и бромоводород. Укажите условия протекания реакций. Набор оборудования считать неограниченным (кроме необходимого для ядерных превращений).

##### *Вариант 3*

Предложите не менее 10 веществ, которые можно получить в одну или несколько стадий, используя в качестве исходных веществ **только** кальцит и бромоводород. Укажите условия протекания реакций. Набор оборудования считать неограниченным (кроме необходимого для ядерных превращений).

##### *Вариант 4*

Предложите не менее 10 веществ, которые можно получить в одну или несколько стадий, используя в качестве исходных веществ **только** азурит и йодоводород. Укажите условия протекания реакций. Набор оборудования считать неограниченным (кроме необходимого для ядерных превращений).

## || 9-Й КЛАСС

### Задача № 1

См. 8-й класс. Задача № 1.

### Задача № 2

#### Вариант 1

Объясните данные наблюдения с точки зрения равновесий электролитов в растворе. Напишите уравнения химических реакций, подтверждающие Ваши гипотезы.

1. Дистиллированная вода имеет слабокислую среду ( $\text{pH} = 5-6$ ).
2. Для стирки раньше использовали кальцинированную соду, в то время как пищевая сода не эффективна для стирки.
3. Твердый нитрат железа(III) (кристаллогидрат) — белая соль. Водный раствор нитрата железа(III) — ярко-желтый.
4. Для травления медных печатных плат с целью растворения меди используют водный раствор хлорного железа.

#### Вариант 2

Объясните данные наблюдения с точки зрения равновесий электролитов в растворе. Напишите уравнения химических реакций, подтверждающие Ваши гипотезы.

1. Газированная вода обычно имеет слабокислую среду ( $\text{pH} = 4-5$ ).
2. Для полоскания рта и горла используют раствор пищевой соды, в то время как попытка прополоскать рот или горло кальцинированной содой окончится химическим ожогом.
3. Водный раствор хлорного железа имеет бурый цвет и ещё более темнеет при нагревании.
4. Если монетку 10 или 50 копеек опустить в раствор нитрата ртути(II), то монетка станет блестяще-серебристой.

#### Вариант 3

Объясните данные наблюдения с точки зрения равновесий электролитов в растворе. Напишите уравнения химических реакций, подтверждающие Ваши гипотезы.

1. рН кока-колы и столового уксуса примерно одинаков, а концентрация уксусной кислоты в столовом уксусе существенно выше концентрации фосфорной кислоты в кока-коле.
2. Раствор пищевой соды и раствор хозяйственного мыла мылki на ощупь.
3. Раствор хлорида цинка используют в качестве паяльного флюса для удаления оксидной плёнки с поверхности металлов.
4. Серебряные украшения быстро темнеют при купании в термальных источниках.

#### *Вариант 4*

Объясните данные наблюдения с точки зрения равновесий электролитов в растворе. Напишите уравнения химических реакций, подтверждающие Ваши гипотезы.

1. Многие минеральные воды после нагревания и удаления газов имеют слабощелочную среду.
2. При кипячении как пищевой, так и кальцинированной соды происходит активное выделение газа.
3. При долгом нахождении открытой банки с раствором медного купороса на воздухе на дне часто образуется осадок.
4. Частое мытьё рук хозяйственным мылом сушит кожу.

### **Задача № 3**

#### *Вариант 1*

Подвешенный на нити цинковый кубик с длиной ребра  $a$  опустили в стакан с 20%-ной соляной кислотой. Начальная скорость выделения водорода составила  $V$  мл/мин. Кубик разрезали по диагонали на две равные части, подвесили их на нить и опустили в стакан с той же кислотой. Какой стала теперь начальная скорость выделения водорода? Температура раствора в обоих опытах была одинакова.

#### *Вариант 2*

Подвешенный на нити алюминиевый шарик радиусом  $r$  опустили в стакан, содержащий серную кислоту с концентрацией 2 моль/л. Начальная скорость выделения водорода составила  $V$  мл/мин. Шарик разрезали пополам, обе части подвесили на нить и опустили в стакан

с серной кислотой с концентрацией 18 моль/л. Какой стала теперь начальная скорость выделения водорода? Оба опыта проводились при температуре 20 °С.

### *Вариант 3*

Железный кубик с длиной ребра  $a$  поместили на дно химического стакана и прилили к нему 10%-ную соляную кислоту. Начальная скорость выделения водорода составила  $V$  мл/мин. Кубик разрезали на 8 одинаковых кубиков и поместили их на дно стакана так, чтобы с собой они не соприкасались. После этого в стакан прилили ту же кислоту, что и в первом опыте. Какой стала теперь начальная скорость выделения водорода? Температура раствора в обоих опытах была одинакова.

## **Задача № 4**

### *Вариант 1*

С навеской железных опилок известной массы проделали следующую последовательность опытов:

- 1) прибавили при 25 °С 10 мл концентрированной азотной кислоты;
- 2) добавили 10 мл воды;
- 3) прибавили избыток нашатырного спирта;
- 4) добавили избыток каустической соды и пропустили ток хлора;
- 5) прибавили эквимолярное количество (т.е. то же количество вещества, сколько было взято железа) сульфата аммония и концентрированную соляную кислоту.

Приведите уравнения указанных реакций, а также тривиальное название конечного продукта превращений. Обратите внимание, что в конечном продукте примесь простого вещества металла отсутствовала.

### *Вариант 2*

С навеской алюминиевых опилок известной массы проделали следующую последовательность опытов:

- 1) прибавили при 25 °С 15 мл концентрированной серной кислоты;
- 2) добавили 15 мл воды;

- 3) прибавили избыток каустического поташа;
- 4) пропустили ток углекислого газа;
- 5) прибавили эквимолярное количество (т. е. то же количество вещества, сколько было взято алюминия) сульфата калия и концентрированную соляную кислоту.

Приведите уравнения указанных реакций, а также тривиальное название конечного продукта превращений.

### *Вариант 3*

С навеской порошка хрома проделали следующую последовательность опытов:

- 1) прибавили при 25 °С 10 мл концентрированной азотной кислоты;
- 2) добавили 10 мл воды;
- 3) прибавили избыток каустической соды и пропустили ток хлора;
- 4) прибавили концентрированную соляную кислоту, эквимолярное количество (т. е. то же количество вещества, сколько было взято хрома) сульфата калия и нагрели.

Приведите уравнения указанных реакций, а также тривиальное название конечного продукта превращений. Обратите внимание, что в конечном продукте примесь простого вещества металла отсутствовала.

### **Задача № 5**

См. 8-й класс. **Задача № 4.**

### **Задача № 6**

#### *Вариант 1*

Юный химик засыпал 10 г натрия большим количеством снега, однако ожидаемого взрыва не последовало, лишь выделилось немного газа и часть снега растаяла. Рассчитайте массу растаявшего снега, если теплота плавления льда составляет 330 кДж/кг, стандартные теплоты образования:  $Q_{\text{обр}}(\text{H}_2\text{O}_{\text{кр.}}) = 292$  кДж/моль,  $Q_{\text{обр}}(\text{NaOH}_{\text{р-р}}) = 469$  кДж/моль. Начальную температуру снега считайте равной 0 °С. Рассчитайте объём выделившегося при этом газа.

### *Вариант 2*

Юный химик засыпал 10 г калия большим количеством снега, однако ожидаемого взрыва не последовало, лишь выделилось немного газа и часть снега растаяла. Рассчитайте массу растаявшего снега, если теплота плавления льда составляет 330 кДж/кг, стандартные теплоты образования:  $Q_{\text{обр}}(\text{H}_2\text{O}_{\text{кр.}}) = 292$  кДж/моль,  $Q_{\text{обр}}(\text{KOH}_{\text{р-р}}) = 371$  кДж/моль. Начальную температуру снега считайте равной 0 °С. Рассчитайте объём выделившегося при этом газа.

### *Вариант 3*

Юный химик засыпал 10 г гидрида натрия большим количеством снега, при этом выделилось немного газа и часть снега растаяла. Рассчитайте массу растаявшего снега, если теплота плавления льда составляет 330 кДж/кг, стандартные теплоты образования:  $Q_{\text{обр}}(\text{NaNH}_{\text{кр}}) = 70$  кДж/моль,  $Q_{\text{обр}}(\text{H}_2\text{O}_{\text{кр.}}) = 292$  кДж/моль,  $Q_{\text{обр}}(\text{NaOH}_{\text{р-р}}) = 469$  кДж/моль. Начальную температуру снега считайте равной 0 °С. Рассчитайте объём выделившегося при этом газа.

### *Вариант 4*

Юный химик засыпал 10 г гидрида калия большим количеством снега, выделилось немного газа и часть снега растаяла. Рассчитайте массу растаявшего снега, если теплота плавления льда составляет 330 кДж/кг, стандартные теплоты образования:  $Q_{\text{обр}}(\text{KN}_{\text{кр}}) = 59$  кДж/моль,  $Q_{\text{обр}}(\text{H}_2\text{O}_{\text{кр.}}) = 292$  кДж/моль,  $Q_{\text{обр}}(\text{KOH}_{\text{р-р}}) = 371$  кДж/моль. Начальную температуру снега считайте равной 0 °С. Рассчитайте объём выделившегося при этом газа.

## **|| 10-Й КЛАСС**

### **Задача № 1**

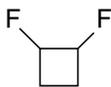
Многие физические свойства и химическое поведение веществ зависит не только от порядка связывания атомов и групп атомов в молекуле, но и от их взаимного пространственного расположения. Понимание количества возможных стереоизомеров (диастереомеров и энантиомеров) для заданной структурной формулы позволяет выбрать оптимальный стереоселективный путь получения соединений с конкретной конфигурацией.

Сколько стереоизомеров (включая энантиомеры) соответствует каждой из приведенных структур.

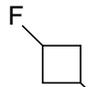
*Вариант 1*



A



B

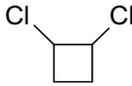


C

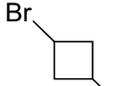
*Вариант 2*



A



B

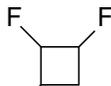


C

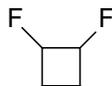
*Вариант 3*



D

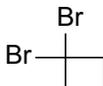


E

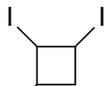


F

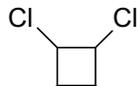
*Вариант 4*



D



E



F

**Задача № 2**

*Вариант 1*

В составе некоторого соединения массовые доли водорода, кислорода и чужестранного элемента составляют 0,55; 26,18 и 35,81%, соответственно. Определите состав этого вещества, приведите его структурную формулу. К какому классу соединений оно относится? Предложите 2 реакции, характеризующие важнейшие химические свойства этого вещества.

### *Вариант 2*

В составе некоторого соединения массовые доли водорода, кислорода и земляного элемента составляют 1,31; 31,39 и 41,72 %, соответственно. Определите состав этого вещества, приведите его структурную формулу. К какому классу соединений оно относится? Предложите 2 реакции, характеризующие важнейшие химические свойства этого вещества.

### *Вариант 3*

В составе некоторого соединения массовые доли водорода, кислорода и фиалкового элемента составляют 0,68; 32,67 и 43,18 %, соответственно. Определите состав этого вещества, приведите его структурную формулу. К какому классу соединений оно относится? Предложите 2 реакции, характеризующие важнейшие химические свойства этого вещества.

### *Вариант 4*

В составе некоторого соединения массовые доли водорода, кислорода и чужестранного элемента составляют 3,80; 36,17 и 49,47 %, соответственно. Определите состав этого вещества, приведите его структурную формулу. К какому классу соединений оно относится? Предложите 2 реакции, характеризующие важнейшие химические свойства этого вещества.

## **Задача № 3**

См. 9-й класс. Задача № 4.

## **Задача № 4**

См. 8-й класс. Задача № 4.

## **Задача № 5**

### *Вариант 1*

Известно, что наиболее стабильной аллотропной модификацией углерода является графит. Стабильность другой аллотропной модификации углерода — алмаза — обуславливается низкой скоростью

фазового перехода из алмаза в графит при комнатной температуре вследствие высокой энергии активации данного процесса (160 кДж/моль). Однако при высоких температурах алмаз с лёгкостью превращается в графит. Так, при нагревании алмаза до 2000 °С без доступа воздуха алмаз превращается в графит за 15 минут. Рассчитайте, сколько времени займёт превращение из алмаза в графит при температуре 25, 1000 и 3000 °С

### *Вариант 2*

Известно, что наиболее стабильной аллотропной модификацией углерода является графит. Стабильность другой аллотропной модификации углерода — алмаза — обуславливается низкой скоростью фазового перехода из алмаза в графит при комнатной температуре вследствие высокой энергии активации данного процесса (160 кДж/моль). Однако при высоких температурах алмаз с лёгкостью превращается в графит. Так, при нагревании алмаза до 2000 °С без доступа воздуха алмаз превращается в графит за 15 минут. Рассчитайте, сколько времени займёт превращение из алмаза в графит при температуре 10, 1500 и 2500 °С.

### *Вариант 3*

Известно, что наиболее стабильной аллотропной модификацией углерода является графит. Стабильность другой аллотропной модификации углерода — алмаза — обуславливается низкой скоростью фазового перехода из алмаза в графит при комнатной температуре вследствие высокой энергии активации данного процесса (160 кДж/моль). Однако при высоких температурах алмаз с лёгкостью превращается в графит. Так, при нагревании алмаза до 2000 °С без доступа воздуха алмаз превращается в графит за 15 минут. Рассчитайте, сколько времени займёт превращение из алмаза в графит при температуре 0, 700 и 2700 °С.

### *Вариант 4*

Известно, что наиболее стабильной аллотропной модификацией углерода является графит. Стабильность другой аллотропной модификации углерода — алмаза — обуславливается низкой скоростью фазового перехода из алмаза в графит при комнатной температуре вследствие высокой энергии активации данного процесса (160 кДж/моль).

Однако при высоких температурах алмаз с лёгкостью превращается в графит. Так, при нагревании алмаза до 2000 °С без доступа воздуха алмаз превращается в графит за 15 минут. Рассчитайте, сколько времени займёт превращение из алмаза в графит при температуре 45, 1200 и 2800 °С.

### **Задача № 6**

#### *Вариант 1*

Изомеры **A**, **B**, **C** имеют общую формулу  $C_6H_7N$ . Известно, что **A** и **B** взаимодействуют с хлороводородом с образованием солей, **C** — легко полимеризуется. При реакции с бромной водой **B** даёт осадок. Предложите структурные формулы изомеров и напишите уравнения реакций, если во всех изомерах присутствует ароматическая  $\pi$ -система и плоскость симметрии перпендикулярная ей.

#### *Вариант 2*

Изомеры **A**, **B**, **C** имеют общую формулу  $C_6H_6NBr$ . Известно, что **A** и **B** взаимодействуют с хлороводородом с образованием солей, **C** — легко полимеризуется. При реакции с бромной водой **B** даёт осадок. Предложите структурные формулы изомеров и напишите уравнения реакций, если во всех изомерах присутствует ароматическая  $\pi$ -система и плоскость симметрии перпендикулярная ей.

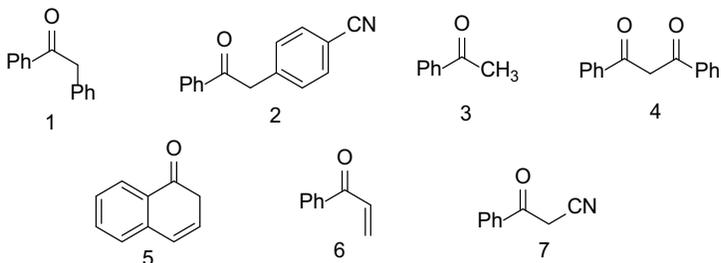
## **|| 11-Й КЛАСС**

### **Задача № 1**

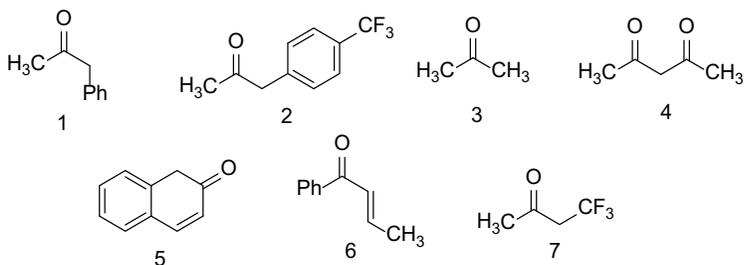
Хорошо известно, что кетоны, содержащие атом водорода в альфа-положении к карбонильной группе, могут существовать как в кетонной, так и в енольной форме. Многие химические превращения карбонильных соединений протекают именно с участием енольного таутомера. Для предсказания реакционной способности соединений важно уметь оценивать вклад енольной формы в таутомерном равновесии, который в первую очередь определяется характером заместителей в молекуле.

Расположите указанные ниже соединения в порядке увеличения устойчивости енольной формы.

*Вариант 1*



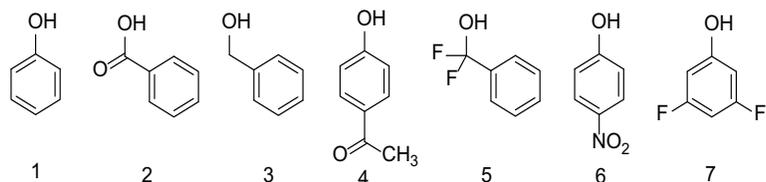
*Вариант 2*



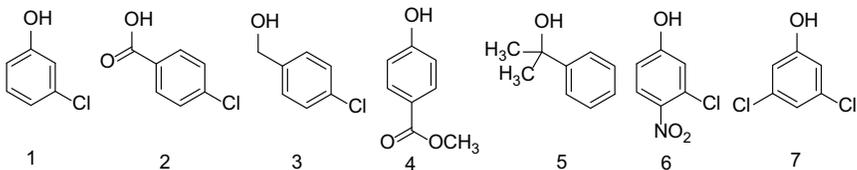
Кислотность органических молекул выступает в качестве важнейшего фактора, определяющего их реакционную способность, поскольку многие органические реакции включают элементарную стадию отщепления протона. Поэтому для предсказания реакционной способности соединений важно уметь оценивать их кислотно-основные свойства.

Расположите указанные ниже соединения в порядке увеличения кислотности.

*Вариант 3*



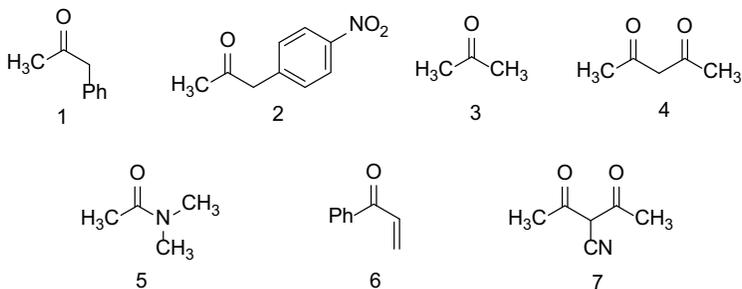
### Вариант 4



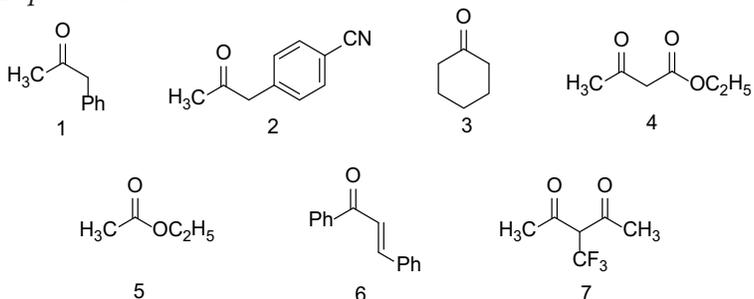
СН-Кислотность органических молекул зачастую выступает в качестве ключевого фактора, определяющего их реакционную способность. Способность к отщеплению протона от углеродного скелета молекулы с образованием карбаниона определяет возможность протекания широкого круга превращений с его участием. Поэтому для предсказания реакционной способности СН-кислотных соединений с различными электрофилами важно уметь оценивать лёгкость отщепления протона, обусловленную наличием заместителя(ей), способных к делокализации электронной плотности.

Расположите указанные ниже соединения в порядке увеличения СН-кислотности.

### Вариант 5



### Вариант 6



## **Задача № 2**

См. 10-й класс. Задача № 1.

## **Задача № 3**

См. 9-й класс. Задача № 2.

## **Задача № 4**

См. 9-й класс. Задача № 3.

## **Задача № 5**

### *Вариант 1*

При сжигании 2,00 г некоторого вещества **X**, содержащего углерод, водород и металл, получено 2,35 л (н. у.)  $\text{CO}_2$ , 2,37 г воды и 0,89 г белого порошка. Определите состав исходного вещества **X** и запишите уравнение реакции горения этого вещества. Приведите не менее трёх возможных структурных формул вещества **X**.

### *Вариант 2*

При сжигании 2,50 г некоторого вещества **X**, содержащего углерод, водород и элемент, получено 3,60 л (н. у.)  $\text{CO}_2$ , 3,38 г воды и 0,62 г белого порошка. Определите состав исходного вещества **X** и запишите уравнение реакции горения этого вещества. Приведите не менее трёх возможных структурных формул вещества **X**.

### *Вариант 3*

При сжигании 4,50 г некоторого вещества **X**, содержащего углерод, водород и металл, получено 4,56 л (н. у.)  $\text{CO}_2$ , 4,28 г воды и 2,12 г белого порошка. Определите состав исходного вещества **X** и запишите уравнение реакции горения этого вещества. Приведите не менее трёх возможных структурных формул вещества **X**.

## **Задача № 6**

См. 8-й класс. Задача № 4.

## **Задача № 7**

### *Вариант 1*

Многие соединения, являющиеся сильными электролитами в водных растворах, являются слабыми электролитами в жидком аммиаке. Так, константа диссоциации хлороводорода в жидком аммиаке составляет 0,0013. Рассчитайте степень диссоциации соляной кислоты в растворе, получившемся при растворении 22,4 мл газообразного хлороводорода (н. у.) в 1 л жидкого аммиака. Рассчитайте концентрации ионов в растворе, если ионное произведение (константа автопротолиза) аммиака составляет  $2 \cdot 10^{-33}$ .

### *Вариант 2*

Многие соединения, являющиеся сильными электролитами в водных растворах, являются слабыми электролитами в жидком аммиаке. Так, константа диссоциации бромоводорода в жидком аммиаке составляет 0,0024. Рассчитайте степень диссоциации бромоводородной кислоты в растворе, получившемся при растворении 22,4 мл газообразного бромоводорода (н. у.) в 1 л жидкого аммиака. Рассчитайте концентрации ионов в растворе, если ионное произведение (константа автопротолиза) аммиака составляет  $2 \cdot 10^{-33}$ .

### *Вариант 3*

Многие соединения, являющиеся сильными электролитами в водных растворах, являются слабыми электролитами в жидком аммиаке. Так, константа диссоциации азотной кислоты в жидком аммиаке составляет 0,0043. Рассчитайте степень диссоциации азотной кислоты в растворе, получившемся при растворении 0,63 г азотной кислоты в 1 л жидкого аммиака. Рассчитайте концентрации ионов в растворе, если ионное произведение (константа автопротолиза) аммиака составляет  $2 \cdot 10^{-33}$ .

### *Вариант 4*

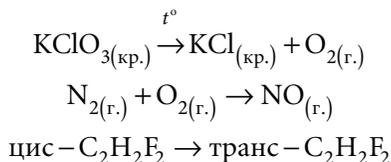
Многие соединения, являющиеся сильными электролитами в водных растворах, являются слабыми электролитами в жидком аммиаке. Так, константа диссоциации хлорной кислоты в жидком аммиаке составляет 0,0054. Рассчитайте степень диссоциации хлорной кислоты в растворе, получившемся при растворении 0,1 г 100 % хлорной кислоты в 1 л жидкого аммиака. Рассчитайте концентрации ионов в рас-

воре, если ионное произведение (константа автопротолиза) аммиака составляет  $2 \cdot 10^{-33}$ .

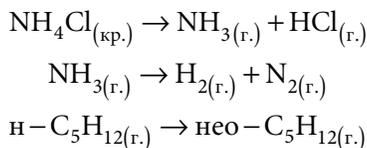
### Задача № 8

Одной из важнейших характеристик химической реакции наряду с изменением теплоты, является также и изменение такой важной характеристики как энтропия, которую можно определить, как «меру неупорядоченности». Ниже приведены 3 реакции. Обратите особое внимание на агрегатное состояние веществ. Укажите как, по вашему мнению, в ходе этих реакций изменяется энтропия (увеличивается или уменьшается), а также предположите в какой из 3 реакций изменение энтропии (по модулю) максимально.

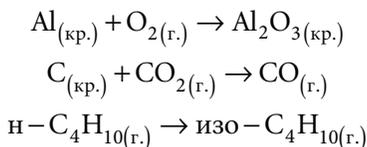
#### Вариант 1



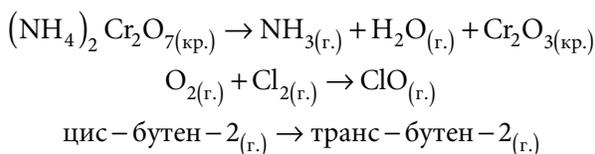
#### Вариант 2



#### Вариант 3



#### Вариант 4



## Заключительный этап

### || 8-Й КЛАСС

#### Задача №1. «Согрей себя сам»

##### Вариант 1

Школьник Петя поехал зимой на дачу. Когда он приехал, оказалось, что в доме было очень холодно, и он решил затопить печку. Определите количество дров в кг, которое необходимо сжечь Пете, чтобы нагреть комнату объёмом  $40 \text{ м}^3$  до  $25^\circ\text{C}$ , если начальная температура комнаты —  $-15^\circ\text{C}$ , теплоёмкость воздуха —  $1005 \text{ Дж/кг}\cdot^\circ\text{C}$ , плотность воздуха —  $1,21 \text{ кг/м}^3$ , а стандартные теплоты образования веществ представлены в таблице.

Вещество	Целлюлоза ( $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$ )г	$\text{CO}_2$ , г	$\text{H}_2\text{O}$ , г
$\Delta_f H^\circ$ кДж/моль	-988,6	-393,5	-241,8

Оцените полученное решение. В чём могут быть причины получения такого значения? Ответ обоснуйте.

##### Вариант 2

Школьник Петя поехал зимой на дачу. Когда он приехал, оказалось, что в доме было очень холодно, и он решил затопить печку. Определите количество дров в кг, которое необходимо сжечь Пете, чтобы нагреть дом объёмом  $200 \text{ м}^3$  до  $20^\circ\text{C}$ , если начальная температура комнаты —  $-10^\circ\text{C}$ , теплоёмкость воздуха —  $1005 \text{ Дж/кг}\cdot^\circ\text{C}$ , плотность воздуха —  $1,21 \text{ кг/м}^3$ , а стандартные теплоты образования веществ представлены в таблице.

Вещество	Целлюлоза ( $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$ )г	$\text{CO}_2$ , г	$\text{H}_2\text{O}$ , г
$\Delta_f H^\circ$ кДж/моль	-988,6	-393,5	-241,8

Оцените полученное решение. В чём могут быть причины получения такого значения? Ответ обоснуйте.

### Вариант 3

Школьник Петя поехал зимой на дачу. Когда он приехал, оказалось, что в доме было очень холодно, и он решил затопить печку. Определите количество дров в кг, которое необходимо сжечь Пете, чтобы нагреть комнату объёмом  $30 \text{ м}^3$  до  $25^\circ\text{C}$ , если начальная температура комнаты —  $-5^\circ\text{C}$ , теплоёмкость воздуха —  $1005 \text{ Дж/кг}\cdot^\circ\text{C}$ , плотность воздуха —  $1,21 \text{ кг/м}^3$ , а стандартные теплоты образования веществ представлены в таблице.

Вещество	Целлюлоза ( $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$ )г	$\text{CO}_2$ , г	$\text{H}_2\text{O}$ , г
$\Delta_f H^\circ$ кДж/моль	-988,6	-393,5	-241,8

Оцените полученное решение. В чём могут быть причины получения такого значения? Ответ обоснуйте.

### Вариант 4

Школьник Петя поехал зимой на дачу. Когда он приехал, оказалось, что в доме было очень холодно, и он решил затопить печку. Однако оказалось, что на даче есть только сахар. Определите сколько сахара в граммах необходимо сжечь Пете, чтобы нагреть комнату объёмом  $40 \text{ м}^3$  до  $25^\circ\text{C}$ , если начальная температура комнаты —  $-15^\circ\text{C}$ , теплоёмкость воздуха —  $1005 \text{ Дж/кг}\cdot^\circ\text{C}$ , плотность воздуха —  $1,21 \text{ кг/м}^3$ , а стандартные теплоты образования веществ представлены в таблице.

Вещество	Сахароза $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$	$\text{CO}_2$ , г	$\text{H}_2\text{O}$ , г
$\Delta_f H^\circ$ кДж/моль	-2222,1	-393,5	-241,8

Оцените полученное решение. Горит ли сахар при обычных условиях? Что нужно изменить, чтобы реакция начала протекать? Ответ обоснуйте.

### Вариант 5

Школьник Петя поехал зимой на дачу. Когда он приехал, оказалось, что в доме было очень холодно, и он решил затопить печку. Однако оказалось, что на даче есть только сахар. Определите сколько

сахара в граммах необходимо сжечь Пете, чтобы нагреть дом объёмом  $200 \text{ м}^3$  до  $20^\circ\text{C}$ , если начальная температура комнаты —  $-10^\circ\text{C}$ , теплоёмкость воздуха —  $1005 \text{ Дж/кг}\cdot^\circ\text{C}$ , плотность воздуха —  $1,21 \text{ кг/м}^3$ , а стандартные теплоты образования веществ представлены в таблице.

Вещество	Сахароза $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$	$\text{CO}_2$ , г	$\text{H}_2\text{O}$ , г
$\Delta_f H^\circ$ кДж/моль	-2222,1	-393,5	-241,8

Оцените полученное решение. Горит ли сахар при обычных условиях? Что нужно изменить, чтобы реакция начала протекать? Ответ обоснуйте.

## Задача № 2. Химический синтез в домашних условиях

### Вариант 1

Предложите 10 веществ, которые могут быть получены в одну или несколько стадий с использованием в качестве исходных веществ **только** тех, которые входят в состав *домашней аптечки*. Приведите уравнения соответствующих реакций, укажите условия их осуществления.

### Вариант 2

Предложите 10 веществ, которые могут быть получены в одну или несколько стадий с использованием в качестве исходных веществ **только** *пищевых продуктов*. Приведите уравнения соответствующих реакций, укажите условия их осуществления.

### Вариант 3

Предложите 10 веществ, которые могут быть получены в одну или несколько стадий с использованием в качестве исходных веществ **только** *средств бытовой химии*. Приведите уравнения соответствующих реакций, укажите условия их осуществления.

### Вариант 4

Предложите 10 веществ, которые могут быть получены в одну или несколько стадий с использованием в качестве исходных веществ

**только товаров для садоводов.** Приведите уравнения соответствующих реакций, укажите условия их осуществления.

### **Задача № 3. Соседи**

#### *Вариант 1*

Два элемента Э1 и Э2, находящиеся в соседних клетках Периодической системы, обладают схожими химическими свойствами. Каждый элемент при определённых условиях реагирует с молекулярным водородом с образованием твёрдого соединения. Массовая доля водорода в них составляет 12,7 % для Э1 и 7,7 % для Э2. Полученные твёрдые соединения разлагаются водой с образованием бесцветного газа без вкуса и запаха. Определите элементы Э1 и Э2, напишите уравнения протекающих реакций и укажите условия их проведения. Напишите уравнения реакций сгорания простых веществ Э1 и Э2 на воздухе. Приведите дополнительные примеры, иллюстрирующие схожесть химического поведения этих элементов и их соединений.

#### *Вариант 2*

Два элемента Э1 и Э2, находящиеся в соседних клетках Периодической системы, обладают схожими химическими свойствами. Известно соединение Э1 с углеродом (массовая доля углерода составляет 72,7%), при обработке которого соляной кислотой выделяется газ, имеющий плотность по водороду 13. Э2 с углеродом образует соединение, массовая доля углерода в котором составляет 25 %, а при обработке полученного соединения соляной кислотой выделяется газ, имеющий плотность по водороду 8. Определите элементы Э1 и Э2, напишите уравнения протекающих реакций и укажите условия их проведения. В состав какого минерала входят оба этих элемента? Напишите уравнения реакций взаимодействия Э1 и Э2 с щёлочью. Приведите дополнительные примеры, иллюстрирующие схожесть химического поведения этих элементов и их соединений.

#### *Вариант 3*

Два элемента Э1 и Э2, находящиеся в соседних клетках Периодической системы, обладают схожими химическими свойствами. Простые вещества при определённых условиях активно взаимодействуют с водородом, образуя продукты, массовая доля водорода в которых

составляет 11,2 % для Э1 и 2,7 % для Э2. Известно также и другое соединение Э1 с водородом, массовая доля водорода в котором составляет 5,9 %. При сжигании во фторе простого вещества Э2 образуется газ, сжижающийся ниже 10 °С в жёлто-зелёную взрывчатую жидкость, воспламеняющую бетон и песок. Определите элементы Э1 и Э2, напишите уравнения протекающих реакций и укажите условия их проведения. Какие простые вещества образует элемент Э1? Напишите известные вам соединения элементов Э1 и Э2 между собой. Как можно получить эти бинарные соединения? Приведите примеры, иллюстрирующие схожесть химического поведения этих элементов и их соединений.

#### *Вариант 4*

Два элемента Э1 и Э2, находящиеся в соседних клетках Периодической системы, обладают схожими химическими свойствами. И Э1, и Э2 образуют большое количество разнообразных простых веществ. При сжигании простых веществ в избытке хлора и приведении продуктов реакции к комнатной температуре образуются прозрачная бесцветная жидкость, устойчивая на воздухе, и белое твёрдое вещество, дымящее на воздухе. Массовая доля хлора в полученных соединениях составляет 92,2 % в случае Э1 и 85,1 % в случае Э2. Определите элементы Э1 и Э2, напишите уравнения протекающих реакций и укажите условия их проведения. Напишите уравнения реакций взаимодействия простых веществ Э1 и Э2 с алюминием. Что произойдёт, если к полученные продукты облить водой? Приведите примеры, иллюстрирующие схожесть химического поведения элементов Э1 и Э2 и их соединений.

#### *Вариант 5*

Два элемента Э1 и Э2, находящиеся в соседних клетках Периодической системы, обладают схожими химическими свойствами. Один из элементов занимает второе место по распространённости на Земле. При сжигании простых веществ во фторе и приведении продуктов реакции к комнатной температуре для Э1 образуется бесцветный газ, имеющий плотность по водороду 34, а для Э2 — бесцветный газ, имеющий плотность по водороду 52. При растворении каждого газа в воде реакция среды становится кислой. Что происходит при смешении этих газов с газообразным аммиаком? Определите элементы

Э1 и Э2, напишите уравнения протекающих реакций и укажите условия их проведения. Приведите дополнительные примеры, иллюстрирующие схожесть химического поведения элементов Э1 и Э2 и их соединений.

#### **Задача №4. Из жизни аквалангистов**

##### *Вариант 1*

Школьник Петя нашёл баллон для аквалангистов с надписью «кислородно-гелиевая смесь». Для определения состава данной смеси Петя проделал серию опытов. Петя взял колбу, закрыл её плотно пробкой и определил её массу с воздухом внутри. Масса составила 306,530 г. Затем Петя заполнил колбу смесью из баллона и взвесил колбу. Масса составила 305,661 г. После этого Петя определил объём колбы, заполнив её водой, и затем с помощью мерного цилиндра определил объём воды в колбе. Объём колбы составил 1120 мл. Температура в комнате составляла 20 °С, а давление — 730 мм рт. ст. Определите объёмные доли кислорода и гелия в баллоне. Среднюю молярную массу воздуха примите за 29 г/моль. Какую массу серы можно сжечь смесью, содержащейся в баллоне?

##### *Вариант 2*

Школьник Петя нашёл баллон для аквалангистов с надписью «кислородно-гелиевая смесь». Для определения состава данной смеси Петя проделал серию опытов. Петя взял колбу, закрыл её плотно пробкой и определил её массу с воздухом внутри. Масса составила 302,430 г. Затем Петя заполнил колбу смесью из баллона и взвесил колбу. Масса составила 301,657 г. После этого Петя определил объём колбы, заполнив её водой, и затем с помощью мерного цилиндра определил объём воды в колбе. Объём колбы составил 1050 мл. Температура в комнате составляла 25 °С, а давление — 760 мм рт. ст. Определите объёмные доли кислорода и гелия в баллоне. Среднюю молярную массу воздуха примите за 29 г/моль. Определите массу калия, которая может прореагировать при нагревании со смесью, содержащейся в баллоне?

##### *Вариант 3*

Школьник Петя нашёл баллон для аквалангистов с надписью «кислородно-гелиевая смесь». Для определения состава данной смеси Петя

проделал серию опытов. Петя взял колбу, закрыл её плотно пробкой и определил её массу с воздухом внутри. Масса составила 311,969 г. Затем Петя заполнил колбу смесью из баллона и взвесил колбу. Масса составила 311,110 г. После этого Петя определил объём колбы, заполнив её водой, и затем с помощью мерного цилиндра определил объём воды в колбе. Объём колбы составил 1180 мл. Температура в комнате составляла 22 °С, а давление — 780 мм рт. ст. Определите объёмные доли кислорода и гелия в баллоне. Среднюю молярную массу воздуха примите за 29 г/моль. Определите массу натрия, которая может прореагировать при нагревании со смесью, содержащейся в баллоне?

#### *Вариант 4*

Школьник Петя нашёл баллон для аквалангистов с надписью «кислородно-гелиевая смесь». Для определения состава данной смеси Петя проделал серию опытов. Петя взял колбу, закрыл её плотно пробкой и определил её массу с воздухом внутри. Масса составила 148,738 г. Затем Петя заполнил колбу смесью из баллона и взвесил колбу. Масса составила 148,379 г. После этого Петя определил объём колбы, заполнив её водой, и затем с помощью мерного цилиндра определил объём воды в колбе. Объём колбы составил 530 мл. Температура в комнате составляла 18 °С, а давление — 740 мм рт. ст. Определите объёмные доли кислорода и гелия в баллоне. Среднюю молярную массу воздуха примите за 29 г/моль. Определите массу калия, которая может прореагировать при нагревании со смесью, содержащейся в баллоне?

#### *Вариант 5*

Школьник Петя нашёл баллон для аквалангистов с надписью «кислородно-гелиевая смесь». Для определения состава данной смеси Петя проделал серию опытов. Петя взял колбу, закрыл её плотно пробкой и определил её массу с воздухом внутри. Масса составила 157,181 г. Затем Петя заполнил колбу смесью из баллона и взвесил колбу. Масса составила 158,820 г. После этого Петя определил объём колбы, заполнив её водой, и затем с помощью мерного цилиндра определил объём воды в колбе. Объём колбы составил 540 мл. Температура в комнате составляла 23 °С, а давление — 770 мм рт. ст. Определите объёмные доли кислорода и гелия в баллоне. Среднюю молярную массу воздуха примите за 29 г/моль. Какую массу чугуна, содержащего 4,5 % углерода по массе, можно окислить смесью, содержащейся в баллоне?

### *Вариант 6*

Школьник Петя нашёл баллон для аквалангистов с надписью «кислородно-гелиевая смесь». Для определения состава данной смеси Петя проделал серию опытов. Петя взял колбу, закрыл её плотно пробкой и определил её массу с воздухом внутри. Масса составила 80,417 г. Затем Петя заполнил колбу смесью из баллона и взвесил колбу. Масса составила 80,257 г. После этого Петя определил объём колбы, заполнив её водой, и затем с помощью мерного цилиндра определил объём воды в колбе. Объём колбы составил 260 мл. Температура в комнате составляла 24 °С, а давление — 750 мм рт. ст. Определите объёмные доли кислорода и гелия в баллоне. Среднюю молярную массу воздуха примите за 29 г/моль. Какую массу бронзы, содержащую 15 % олова по массе, можно окислить смесью, содержащейся в баллоне?

## **|| 9-Й КЛАСС**

### **Задача № 1**

#### *Вариант 1*

Смесь двух нитратов металлов массой 20,0 г прокалили при температуре 600 °С и давлении 1 атмосфера. При этом получили 15,04 л газообразных продуктов, плотность которых при данных условиях составила 1,18 г/л. Определите возможный качественный и количественный (в массовых долях) состав смеси.

#### *Вариант 2*

Смесь двух нитратов металлов массой 15,0 г прокалили при температуре 600 °С и давлении 1 атмосфера. При этом получили 13,78 л газообразных продуктов, плотность которых при данных условиях составила 0,85 г/л. Определите возможный качественный и количественный (в массовых долях) состав смеси.

#### *Вариант 3*

Смесь двух нитратов металлов массой 10,0 г прокалили при температуре 700 °С и давлении 1 атмосфера. При этом получили 9,43 л газообразных продуктов, плотность которых при данных условиях составила 0,984 г/л. Определите возможный качественный и количественный (в массовых долях) состав смеси.

#### *Вариант 4*

Смесь двух нитратов металлов массой 20,0 г прокалили при температуре 700 °С и давлении 1 атмосфера. При этом получили 12,38 л газообразных продуктов, плотность которых при данных условиях составила 0,736 г/л. Определите возможный качественный и количественный (в массовых долях) состав смеси.

#### *Вариант 5*

Смесь двух нитратов металлов массой 20,0 г прокалили при температуре 550 °С и давлении 1 атмосфера. При этом получили 21,43 л газообразных продуктов, плотность которых при данных условиях составила 1,102 г/л. Определите возможный качественный и количественный (в массовых долях) состав смеси.

#### *Вариант 6*

Смесь двух нитратов металлов массой 12,0 г прокалили при температуре 550 °С и давлении 1 атмосфера. При этом получили 9,00 л газообразных продуктов, плотность которых при данных условиях составила 1,041 г/л. Определите возможный качественный и количественный (в массовых долях) состав смеси.

### **Задача № 2. «Согрей себя сам»**

См. 8-й класс. Задача № 1.

### **Задача № 3. Химический синтез в домашних условиях**

См. 8-й класс. Задача № 2.

### **Задача № 4. Соседи**

См. 8-й класс. Задача № 3.

### **Задача № 5. Без воды**

#### *Вариант 1*

Предложите способ синтеза *безводного* нитрата титана(IV), используя в качестве исходных **только** простые вещества. Если для

проведения реакций вам потребуются вспомогательные вещества (растворители, катализаторы и т. п.), то вы также должны написать их синтез из простых веществ. Укажите условия проведения реакций. Какими примесями может быть загрязнен конечный продукт? Предложите способ его очистки.

#### *Вариант 2*

Предложите способ синтеза *безводного*  $\text{CrO}_2(\text{NO}_3)_2$  (нитрата хромила), используя в качестве исходных **только** простые вещества. Если для проведения реакций вам потребуются вспомогательные вещества (растворители, катализаторы и т. п.), то вы также должны написать их синтез из простых веществ. Укажите условия проведения реакций. Какими примесями может быть загрязнен конечный продукт? Предложите способ его очистки.

#### *Вариант 3*

Предложите способ синтеза *безводного*  $\text{Cl}(\text{NO}_3)$  (нитрата хлора), используя в качестве исходных **только** простые вещества. Если для проведения реакций вам потребуются вспомогательные вещества (растворители, катализаторы и т. п.), то вы также должны написать их синтез из простых веществ. Укажите условия проведения реакций. Какими примесями может быть загрязнен конечный продукт? Предложите способ его очистки.

#### *Вариант 4*

Предложите способ синтеза *безводного*  $\text{Br}(\text{NO}_3)$  (нитрата брома), используя в качестве исходных **только** простые вещества. Если для проведения реакций вам потребуются вспомогательные вещества (растворители, катализаторы и т. п.), то вы также должны написать их синтез из простых веществ. Укажите условия проведения реакций. Какими примесями может быть загрязнен конечный продукт? Предложите способ его очистки.

#### *Вариант 5*

Предложите способ синтеза *безводного*  $\text{I}(\text{NO}_3)_3$  (нитрата йода), используя в качестве исходных **только** простые вещества. Если для проведения реакций вам потребуются вспомогательные вещества (растворители, катализаторы и т. п.), то вы также должны написать

их синтез из простых веществ. Укажите условия проведения реакций. Какими примесями может быть загрязнен конечный продукт? Предложите способ его очистки.

## || 10-Й КЛАСС

### Задача № 1

См. 9-й класс. Задача № 1.

### Задача № 2. «Катион наносит ответный удар»

#### Вариант 1

Существование катиона X, содержащего только один элемент, было предсказано в 1986 году, но получить его соединения удалось лишь в 1999. Наиболее устойчивая соль, содержащая этот катион, образуется в результате двух последовательных реакций. В ходе первой происходит взаимодействие галогенида X с сильной кислотой Льюиса, которая является одним из компонентов для получения суперкислоты. Единственным продуктом первой реакции является солеобразное соединение с массовой долей катиона 16,6 %. На второй стадии продукт из первой взаимодействует с водородным соединением X с образованием двух веществ — соли катиона X и легкокипящей жидкости ( $T$  кипения  $\sim 20^\circ\text{C}$ ) — вторым компонентом для получения суперкислоты. Массовая доля катиона в конечном продукте 27,6 %. Образующаяся соль легко окисляет воду и монооксид азота, но не окисляет хлор. Предложите состав и строение катиона X. Укажите причину, почему предложенное Вами строение является наиболее вероятным. В каких условиях нужно проводить синтез солей катиона X? Запишите уравнение реакции соли катиона X с водой, а также уравнения всех описанных химических превращений.

#### Вариант 2

Существование катиона X, содержащего только один элемент, было предсказано в 1986 году, но получить его соединения удалось лишь в 1999. Одна из солей, содержащая этот катион, образуется в результате двух последовательных реакций. В ходе первой происходит взаимодействие галогенида X с сильной кислотой Льюиса. Единственным продуктом первой реакции является солеобразное соединение

с массовой долей катиона 19,9%. На второй стадии продукт из первой взаимодействует с водородным соединением X с образованием двух веществ — соли катиона X и легкокипящей жидкости ( $T$  кипения  $\sim 20^\circ\text{C}$ ) — компонентом для получения суперкислот. Массовая доля катиона в конечном продукте 32,3%. Образующаяся соль легко окисляет воду и монооксид азота, но не окисляет хлор. Предложите состав и строение катиона X. Укажите причину, почему предложенное Вами строение является наиболее вероятным. В каких условиях нужно проводить синтез солей катиона X? Запишите уравнение реакции соли катиона X с водой, а также уравнения всех описанных химических превращений.

### *Вариант 3*

Существование катиона X, содержащего только один элемент, было предсказано в 1986 году, но получить его соединения удалось лишь в 1999. Наиболее устойчивая соль, содержащая этот катион, образуется в результате двух последовательных реакций. В ходе первой происходит взаимодействие галогенида X с двукратным избытком сильной кислотой Льюиса, которая является одним из компонентов для получения суперкислоты. Единственным продуктом первой реакции является солеобразное соединение с массовой долей катиона 9,4%. На второй стадии продукт из первой взаимодействует с водородным соединением X с образованием двух веществ — соли катиона X и легкокипящей жидкости ( $T$  кипения  $\sim 20^\circ\text{C}$ ) — вторым компонентом для получения суперкислоты. Массовая доля катиона в конечном продукте 16,6%. Образующаяся соль легко окисляет воду и монооксид азота, но не окисляет хлор. Предложите состав и строение катиона X. Укажите причину, почему предложенное Вами строение является наиболее вероятным. В каких условиях нужно проводить синтез солей катиона X? Запишите уравнение реакции соли катиона X с водой, а также уравнения всех описанных химических превращений.

### *Вариант 4*

Существование катиона X, содержащего только один элемент, было предсказано в 1986 году, но получить его соединения удалось лишь в 1999. Одна из солей, содержащая этот катион, образуется в результате двух последовательных реакций. В ходе первой происходит взаимодействие галогенида X с двукратным избытком сильной кис-

лотой Льюиса. Единственным продуктом первой реакции является солеобразное соединение с массовой долей катиона 11,6%. На второй стадии продукт из первой взаимодействует с водородным соединением X с образованием двух веществ — соли катиона X и легкокипящей жидкости ( $T$  кипения  $\sim 20^\circ\text{C}$ ) — компонентом для получения суперкислот. Массовая доля катиона в конечном продукте 20,0%. Образующаяся соль легко окисляет воду и монооксид азота, но не окисляет хлор. Предложите состав и строение катиона X. Укажите причину, почему предложенное Вами строение является наиболее вероятным. В каких условиях нужно проводить синтез солей катиона X? Запишите уравнение реакции соли катиона X с водой, а также уравнения всех описанных химических превращений.

### Задача № 3

#### Вариант 1

Предложите способ синтеза гексацианоферрата(II, III) калия, используя в качестве исходных **только** простые вещества. Если для проведения реакций вам потребуются вспомогательные вещества (растворители, катализаторы и т. п.), то вы также должны написать их синтез из простых веществ. Укажите условия проведения реакций. Какими примесями может быть загрязнён конечный продукт? Предложите способ его очистки.

#### Вариант 2

Предложите способ синтеза хлоридбензолванадия(I), используя в качестве исходных **только** простые вещества. Если для проведения реакций вам потребуются вспомогательные вещества (растворители, катализаторы и т. п.), то вы также должны написать их синтез из простых веществ. Укажите условия проведения реакций. Какими примесями может быть загрязнён конечный продукт? Предложите способ его очистки.

#### Вариант 3

Предложите способ синтеза диаллилникеля(II), используя в качестве исходных **только** простые вещества. Если для проведения реакций вам потребуются вспомогательные вещества (растворители, катализаторы и т. п.), то вы также должны написать их синтез из простых веществ. Укажите условия проведения реакций. Какими

примесями может быть загрязнён конечный продукт? Предложите способ его очистки.

#### *Вариант 4*

Предложите способ синтеза дигидрата тетраацетата дихрома, используя в качестве исходных **только** простые вещества. Если для проведения реакций вам потребуются вспомогательные вещества (растворители, катализаторы и т. п.), то вы также должны написать их синтез из простых веществ. Укажите условия проведения реакций. Какими примесями может быть загрязнён конечный продукт? Предложите способ его очистки.

#### *Вариант 5*

Предложите способ синтеза гекса(тиоцианато-N)хромата(III) натрия, используя в качестве исходных **только** простые вещества. Если для проведения реакций вам потребуются вспомогательные вещества (растворители, катализаторы и т. п.), то вы также должны написать их синтез из простых веществ. Укажите условия проведения реакций. Какими примесями может быть загрязнён конечный продукт? Предложите способ его очистки.

#### *Вариант 6*

Предложите способ синтеза тетра(тиоцианато-N)купрата (II) аммония, используя в качестве исходных **только** простые вещества. Если для проведения реакций вам потребуются вспомогательные вещества (растворители, катализаторы и т. п.), то вы также должны написать их синтез из простых веществ. Укажите условия проведения реакций. Какими примесями может быть загрязнён конечный продукт? Предложите способ его очистки.

### **Задача № 4**

#### *Вариант 1*

Смесь 3 различных фенолов, содержащих не более 8 атомов углерода каждый, а также только атомы О и Н, количественно окислили. В результате была получена смесь, состоящая из 2 компонентов, имеющая среднюю молекулярную массу равную 115. Известно, что в исходной смеси мольные доли компонентов соотносились как 1 : 2 : 3,

а общее число моль компонентов равнялось 0,6. Установите структуру исходных фенолов и найдите массовую долю компонента смеси после окисления, имеющего самую большую молекулярную массу, если известно, что при реакции с металлическим натрием исходной смеси фенолов выделяется 0,3 моль водорода. Возможностью образования 1,2-хинонов пренебречь.

#### *Вариант 2*

Смесь 3 различных фенолов, содержащих не более 8 атомов углерода каждый, а также только атомы О и Н, количественно окислили. В результате была получена смесь, состоящая из 2 компонентов, имеющая среднюю молекулярную массу равную 115. Известно, что в исходной смеси мольные доли компонентов соотносились как 1 : 2 : 3, а общее число моль компонентов равнялось 0,6. Установите структуру исходных фенолов и найдите массовую долю компонента смеси после окисления, имеющего самую большую молекулярную массу, если известно, что при реакции с металлическим натрием исходной смеси фенолов выделяется 0,35 моль водорода. Возможностью образования 1,2-хинонов пренебречь.

#### *Вариант 3*

Смесь 3 различных фенолов, содержащих не более 8 атомов углерода каждый, а также только атомы О и Н, количественно окислили. В результате была получена смесь, состоящая из 2 компонентов, имеющая среднюю молекулярную массу равную 115. Известно, что в исходной смеси мольные доли компонентов соотносились как 1 : 2 : 3, а общее число моль компонентов равнялось 0,6. Установите структуру исходных фенолов и найдите массовую долю компонента смеси после окисления, имеющего самую большую молекулярную массу, если известно, что при реакции с металлическим натрием исходной смеси фенолов выделяется 0,4 моль водорода. Возможностью образования 1,2-хинонов пренебречь.

#### *Вариант 4*

Смесь 3 различных фенолов, содержащих не более 8 атомов углерода каждый, а также только атомы О и Н, количественно окислили. В результате была получена смесь, состоящая из 2 компонентов, имеющая среднюю молекулярную массу равную 115. Известно, что

в исходной смеси мольные доли компонентов соотносились как 1 : 2 : 3, а общее число моль компонентов равнялось 0,6. Установите структуру исходных фенолов и найдите массовую долю компонента смеси после окисления, имеющего самую большую молекулярную массу, если известно, что при реакции с металлическим натрием исходной смеси фенолов выделяется 0,45 моль водорода. Возможностью образования 1,2-хинонов пренебречь.

#### *Вариант 5*

Смесь 3 различных фенолов, содержащих не более 8 атомов углерода каждый, а также только атомы О и Н, количественно окислили. В результате была получена смесь, состоящая из 2 компонентов, имеющая среднюю молекулярную массу равную 115. Известно, что в исходной смеси мольные доли компонентов соотносились как 1 : 2 : 3, а общее число моль компонентов равнялось 0,6. Установите структуру исходных фенолов и найдите массовую долю компонента смеси после окисления, имеющего самую большую молекулярную массу, если известно, что при реакции с металлическим натрием исходной смеси фенолов выделяется 0,5 моль водорода. Возможностью образования 1,2-хинонов пренебречь.

#### *Вариант 6*

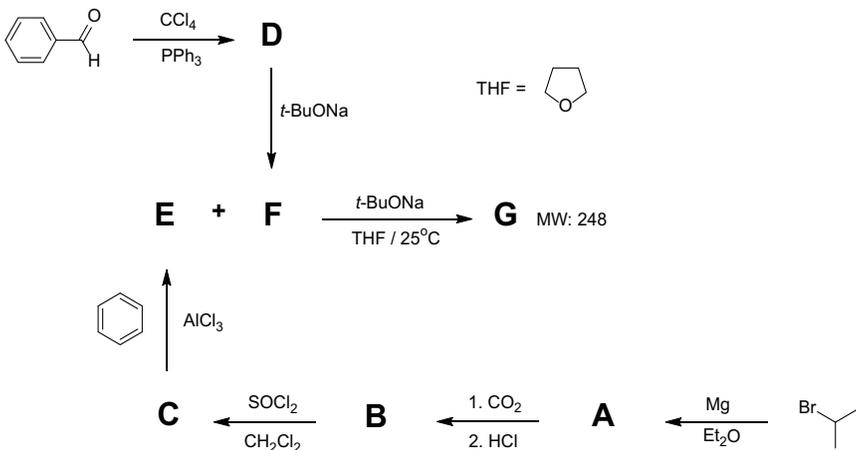
Смесь 3 различных фенолов, содержащих не более 8 атомов углерода каждый, а также только атомы О и Н, количественно окислили. В результате была получена смесь, состоящая из 2 компонентов, имеющая среднюю молекулярную массу равную 115. Известно, что в исходной смеси мольные доли компонентов соотносились как 1 : 2 : 3, а общее число моль компонентов равнялось 0,6. Установите структуру исходных фенолов и найдите массовую долю компонента смеси после окисления, имеющего самую большую молекулярную массу, если известно, что при реакции с металлическим натрием исходной смеси фенолов выделяется 0,55 моль водорода. Возможностью образования 1,2-хинонов пренебречь.

### **Задача № 5**

#### *Вариант 1*

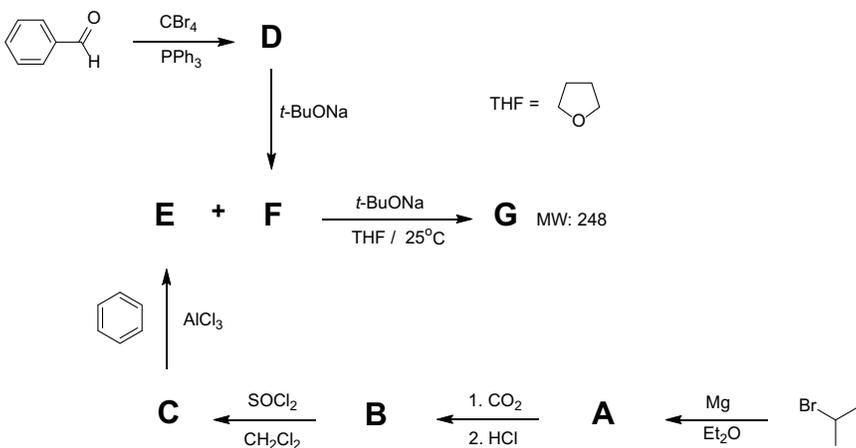
Расшифруйте цепочку превращений (структуры А, В, С, D, Е, F, G). Предложите механизм образования соединения G, если известно,

что соединение образуется в виде единственного стереоизомера и на начальной стадии процесса образования **G** соединение **F** проявляет свойства, схожие с N-хлорсукцинимидом.



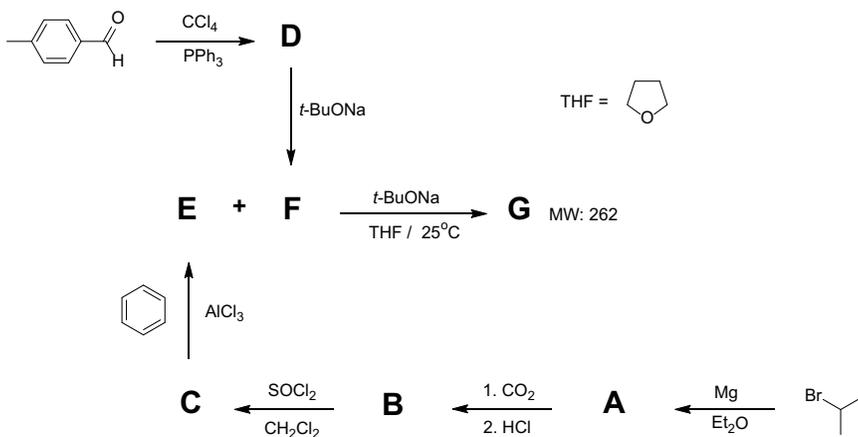
### Вариант 2

Расшифруйте цепочку превращений (структуры **A**, **B**, **C**, **D**, **E**, **F**, **G**). Предложите механизм образования соединения **G**, если известно, что соединение образуется в виде пары энантиомеров и на начальной стадии процесса образования **G** соединение **F** проявляет свойства, схожие с N-бромсукцинимидом.



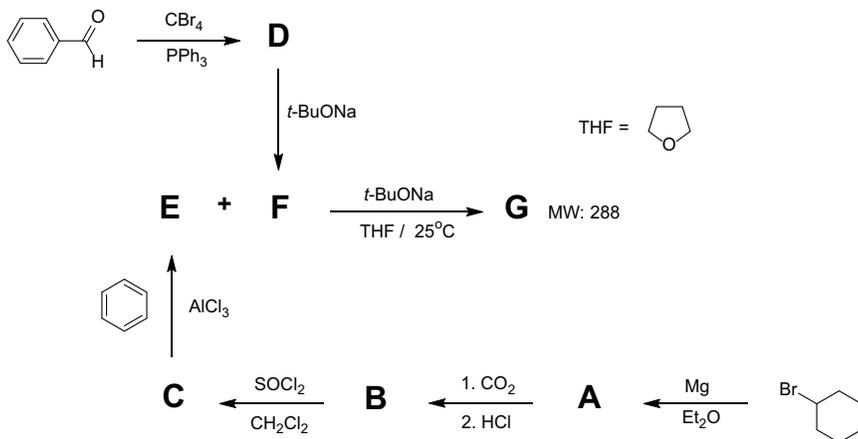
### Вариант 3

Расшифруйте цепочку превращений (структуры **A**, **B**, **C**, **D**, **E**, **F**, **G**). Предложите механизм образования соединения **G**, если известно, что соединение образуется в виде единственного стереоизомера и на начальной стадии процесса образования **G** соединение **F** проявляет свойства, схожие с N-хлорсукцинимидом.



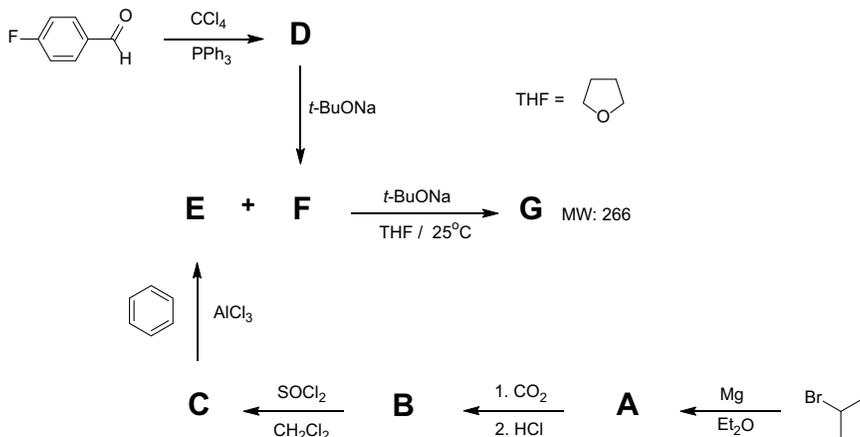
### Вариант 4

Расшифруйте цепочку превращений (структуры **A**, **B**, **C**, **D**, **E**, **F**, **G**). Предложите механизм образования соединения **G**, если известно, что соединение образуется в виде пары энантиомеров и на начальной стадии процесса образования **G** соединение **F** проявляет свойства, схожие с N-бромсукцинимидом.



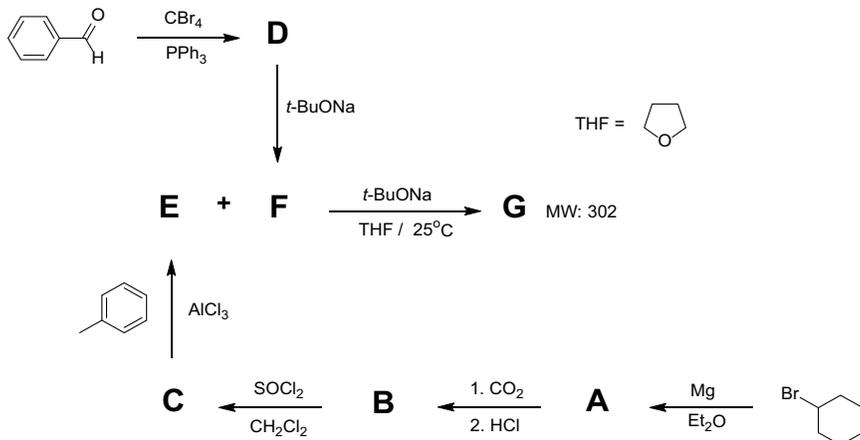
### Вариант 5

Расшифруйте цепочку превращений (структуры **A**, **B**, **C**, **D**, **E**, **F**, **G**). Предложите механизм образования соединения **G**, если известно, что соединение образуется в виде единственного стереоизомера и на начальной стадии процесса образования **G** соединение **F** проявляет свойства, схожие с *N*-хлорсукцинимидом.



### Вариант 6

Расшифруйте цепочку превращений (структуры **A**, **B**, **C**, **D**, **E**, **F**, **G**). Предложите механизм образования соединения **G**, если известно, что соединение образуется в виде пары энантиомеров и на начальной стадии процесса образования **G** соединение **F** проявляет свойства, схожие с *N*-бромсукцинимидом.



## || 11-Й КЛАСС

### Задача № 1

#### Вариант 1

Скорость химических реакций зависит от различных факторов — природы реагирующих веществ, температуры, концентрации реагентов. Для определения кинетических характеристик взаимодействия металла с кислотой были проведены следующие эксперименты. В герметичный сосуд объёмом 1,00 л, разделенный на две части перегородкой, поместили навеску цинковой пыли и 0,100 М раствор серной кислоты. Сосуд поместили в термостат при 20,0 °С и заполнили инертным газом при стандартном давлении (1,00 атм). Перегородку убрали. Через 5 минут давление в сосуде выросло на 30 %, при этом концентрации растворённых веществ оказались равны.

1. Определите начальную скорость выделения водорода (л/мин). Известно, что взаимодействие металлов с кислотами является реакцией первого порядка, для которых мгновенная скорость линейно зависит от концентрации реагента, а зависимость концентрации реагента от времени определяется следующим выражением:

$$\ln C = \ln C^0 - kt,$$

где  $k$  — константа скорости реакции,  $C$  — концентрация реагента в момент времени  $t$ .

2. Измениться ли (и если да, то как) начальная скорость выделения водорода, если вместо цинковой пыли использовать:  
а) гранулы цинка? б) алюминиевую пудру? Ответ аргументируйте.

Эксперимент повторили, но перед удалением перегородки температуру подняли до 25,0 °С. В результате давление выросло на 30 % через 3,5 минуты.

3. Определите концентрации веществ в растворе и энергию активации ( $E_A$ ) данной реакции. Энергия активации связана с константой скорости уравнением Аррениуса и не зависит от температуры процесса:

$$k = A \cdot e^{-\frac{E_A}{RT}},$$

где  $A$  — множитель, не зависящий от температуры.

В третьем эксперименте, проводившемся по той же схеме, использовали 0,15 М соляную кислоту, температуру процесса подняли до 35,0 °С.

4. Через какое время давление в сосуде выросло на 30 %?
5. Определите начальную скорость выделения водорода, если при 35,0 °С использовать 0,1 М соляную кислоту.
6. Каким инертным газом заполняли сосуд, если плотность газовой смеси в первом эксперименте через 10 минут составила 5,5 г/л? Ответ подтвердите расчётом.
7. В последние годы цена на этот инертный газ значительно выросла. С чем связано такое повышение цены?

Изменением объёма растворов в результате описанных процессов можно пренебречь.

### *Вариант 2*

Скорость химических реакций зависит от различных факторов — природы реагирующих веществ, температуры, концентрации реагентов. Для определения кинетических характеристик взаимодействия металла с кислотой были проведены следующие эксперименты. В герметичный сосуд объёмом 2,00 л, разделенный на две части перегородкой, поместили навеску алюминиевой пудры и 0,200 М раствор серной кислоты. Сосуд поместили в термостат при 20,0 °С и заполнили инертным газом при стандартном давлении (1,00 атм). Перегородку убрали. Через 8 минут давление в сосуде выросло на 63,65 %, при этом концентрации растворенных веществ оказались равны.

1. Определите начальную скорость выделения водорода (л/мин). Известно, что взаимодействие металлов с кислотами является реакцией первого порядка, для которых мгновенная скорость линейно зависит от концентрации реагента, а зависимость концентрации реагента от времени определяется следующим выражением:

$$\ln C = \ln C^0 - kt,$$

где  $k$  — константа скорости реакции,  $C$  — концентрация реагента в момент времени  $t$ .

2. Измениться ли (и если да, то как) начальная скорость выделения водорода, если вместо цинковой пыли использовать:

а) гранулы алюминия? б) цинковую пыль? Ответ аргументируйте.

Эксперимент повторили, но перед удалением перегородки температуру подняли до 25,0 °С. В результате давление выросло на 63,65 % через 5,5 минут.

3. Определите концентрации веществ в растворе и энергию активации ( $E_A$ ) данной реакции. Энергия активации связана с константой скорости уравнением Аррениуса и не зависит от температуры процесса:

$$k = A \cdot e^{-\frac{E_A}{RT}},$$

где  $A$  — множитель, не зависящий от температуры.

В третьем эксперименте, проводившемся по той же схеме, использовали 0,15 М соляную кислоту, температуру процесса подняли до 40,0 °С.

4. Через какое время давление в сосуде выросло на 63,65 %?
5. Определите начальную скорость выделения водорода, если при 40,0 °С использовать 0,1 М соляную кислоту.
6. Каким инертным газом заполняли сосуд, если плотность газовой смеси в первом эксперименте через 4 минуты составила 0,84 г/л? Ответ подтвердите расчётом.
7. Какие применения этого инертного газа Вам известны?

Изменением объёма растворов в результате описанных процессов можно пренебречь.

### *Вариант 3*

Скорость химических реакций зависит от различных факторов — природы реагирующих веществ, температуры, концентрации реагентов. Для определения кинетических характеристик взаимодействия металла с кислотой были проведены следующие эксперименты. В герметичный сосуд объёмом 1,50 л, разделенный на две части перегородкой, поместили навеску цинковой пыли и 0,150 М раствор бромоводородной кислоты. Сосуд поместили в термостат при 20,0 °С и заполнили инертным газом при стандартном давлении (1,00 атм). Перегородку убрали. Через 10 минут давление в сосуде выросло на 37,0 %, при этом концентрации растворенных веществ оказались равны.

1. Определите начальную скорость выделения водорода (л/мин). Известно, что взаимодействие металлов с кислотами является реакцией первого порядка, для которых мгновенная скорость линейно зависит от концентрации реагента, а зависимость концентрации реагента от времени определяется следующим выражением:

$$\ln C = \ln C^0 - kt,$$

где  $k$  — константа скорости реакции,  $C$  — концентрация реагента в момент времени  $t$ .

2. Измениться ли (и если да, то как) начальная скорость выделения водорода, если вместо цинковой пыли использовать:  
а) гранулы цинка? б) железные опилки? Ответ аргументируйте.

Эксперимент повторили, но перед удалением перегородки температуру подняли до  $30,0^\circ\text{C}$ . В результате давление выросло на  $37,0\%$  через 5 минут.

3. Определите концентрации веществ в растворе и энергию активации ( $E_A$ ) данной реакции. Энергия активации связана с константой скорости уравнением Аррениуса и не зависит от температуры процесса:

$$k = A \cdot e^{-\frac{E_A}{RT}},$$

где  $A$  — множитель, не зависящий от температуры.

В третьем эксперименте, проводившемся по той же схеме, использовали  $0,15\text{ M}$  серную кислоту, температуру процесса подняли до  $35,0^\circ\text{C}$ .

4. Через какое время давление в сосуде выросло на  $37,0\%$ ?
5. Определите начальную скорость выделения водорода, если при  $35,0^\circ\text{C}$  использовать  $0,1\text{ M}$  серную кислоту.
6. Каким инертным газом заполняли сосуд, если плотность газовой смеси в первом эксперименте через 5 минут составила  $3,50\text{ г/л}$ ? Ответ подтвердите расчётом.
7. Какие применения этого инертного газа Вам известны?

Изменением объёма растворов в результате описанных процессов можно пренебречь.

#### Вариант 4

Скорость химических реакций зависит от различных факторов — природы реагирующих веществ, температуры, концентрации реагентов. Для определения кинетических характеристик взаимодействия металла с кислотой были проведены следующие эксперименты. В герметичный сосуд объёмом 900 мл, разделенный на две части перегородкой, поместили навеску алюминиевой пудры и 0,400 М раствор бромоводородной кислоты. Сосуд поместили в термостат при 20,0 °С и заполнили инертным газом при стандартном давлении (1,00 атм). Перегородку убрали. Через 15 минут давление в сосуде выросло на 45,0 %, при этом концентрации растворенных веществ оказались равны.

1. Определите начальную скорость выделения водорода (л/мин). Известно, что взаимодействие металлов с кислотами является реакцией первого порядка, для которых мгновенная скорость линейно зависит от концентрации реагента, а зависимость концентрации реагента от времени определяется следующим выражением:

$$\ln C = \ln C^0 - kt,$$

где  $k$  — константа скорости реакции,  $C$  — концентрация реагента в момент времени  $t$ .

2. Измениться ли (и если да, то как) начальная скорость выделения водорода, если вместо цинковой пыли использовать:  
а) гранулы алюминия? б) порошок магния? Ответ аргументируйте.

Эксперимент повторили, но перед удалением перегородки температуру подняли до 25,0 °С. В результате давление выросло на 45,0 % через 10,5 минут.

3. Определите концентрации веществ в растворе и энергию активации ( $E_A$ ) данной реакции. Энергия активации связана с константой скорости уравнением Аррениуса и не зависит от температуры процесса:

$$k = A \cdot e^{-\frac{E_A}{RT}},$$

где  $A$  — множитель, не зависящий от температуры.

В третьем эксперименте, проводившемся по той же схеме, использовали 0,15 М серную кислоту, температуру процесса подняли до 35,0 °С.

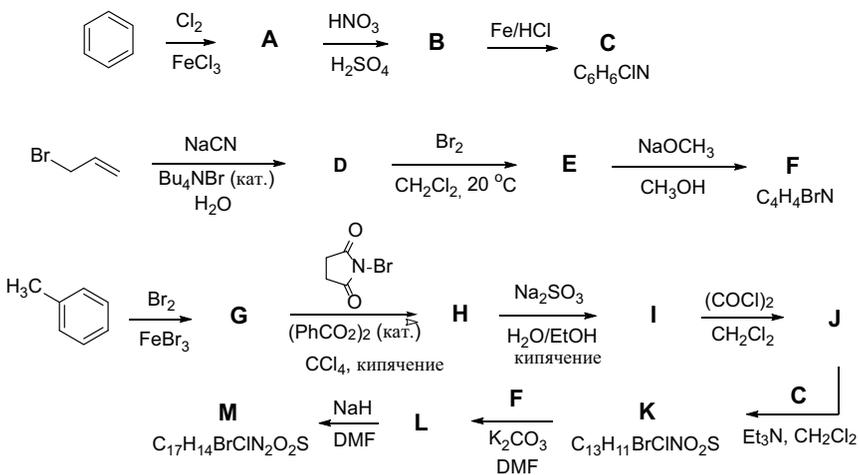
4. Через какое время давление в сосуде выросло 45,0 %?
5. Определите начальную скорость выделения водорода, если при 40,0 °С использовать 0,1 М серную кислоту.
6. Каким инертным газом заполняли сосуд, если плотность газовой смеси в первом эксперименте через 10 минут составила 1,5 г/л? Ответ подтвердите расчётом.
7. Какие применения этого инертного газа Вам известны?

Изменением объёма растворов в результате описанных процессов можно пренебречь.

## Задача № 2

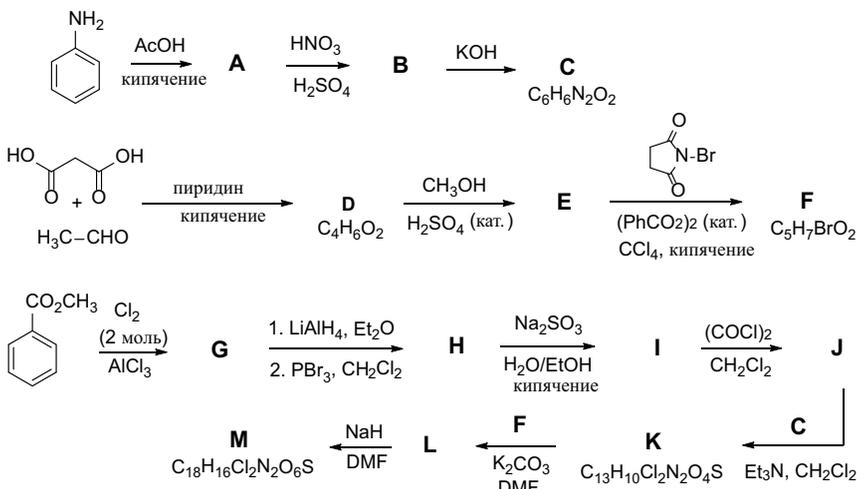
### Вариант 1

Расшифруйте цепочку превращений (структуры А–М), учитывая, что L и M — изомеры. Сколько и какие стереоизомеры могут получиться при образовании M?



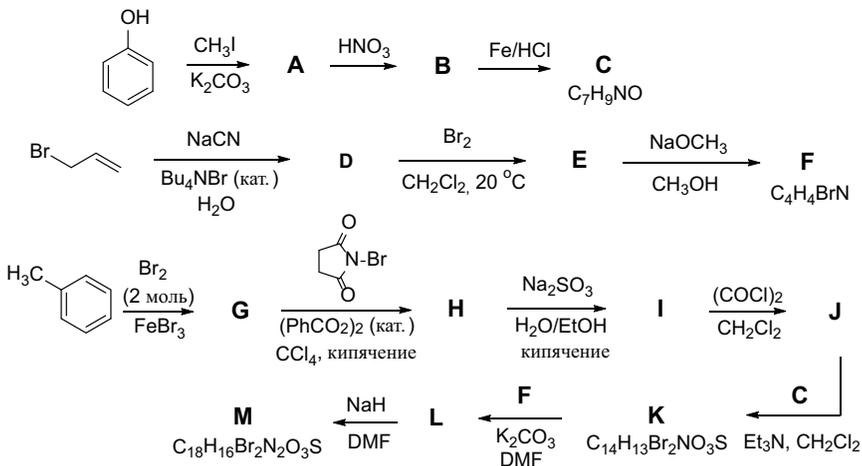
### Вариант 2

Расшифруйте цепочку превращений (структуры А–М), учитывая, что L и M — изомеры. Сколько и какие стереоизомеры могут получиться при образовании M?



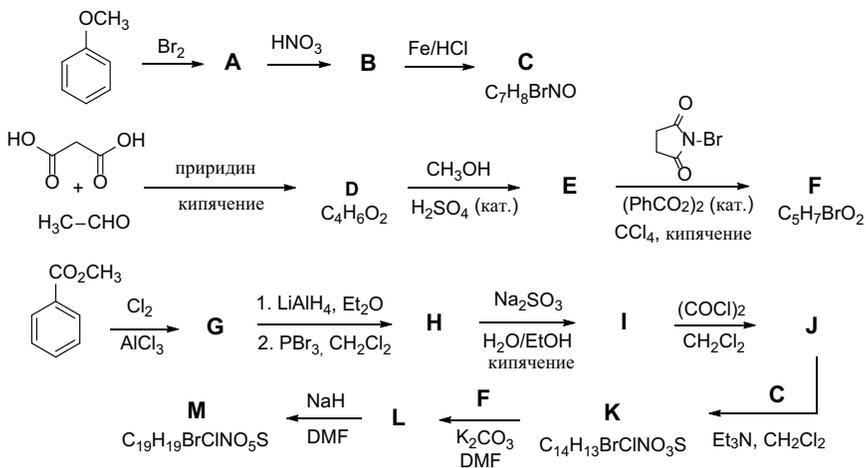
### Вариант 3

Расшифруйте цепочку превращений (структуры А–М), учитывая, что L и М — изомеры. Сколько и какие стереоизомеры могут получиться при образовании М?



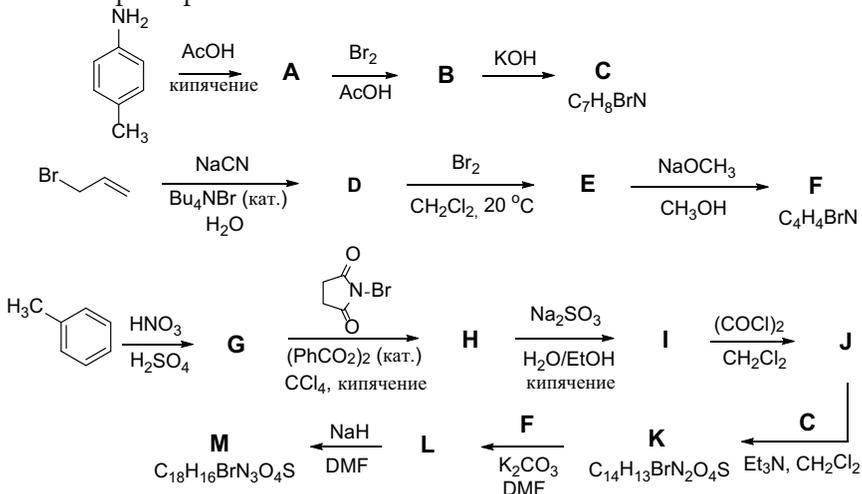
### Вариант 4

Расшифруйте цепочку превращений (структуры А–М), учитывая, что L и М — изомеры. Сколько и какие стереоизомеры могут получиться при образовании М?



### Вариант 5

Расшифруйте цепочку превращений (структуры А–М), учитывая, что L и M — изомеры. Сколько и какие стереоизомеры могут получиться при образовании M?



### Задача № 3. «Катион наносит ответный удар»

См. 10-й класс. Задача № 2.

### Задача № 4

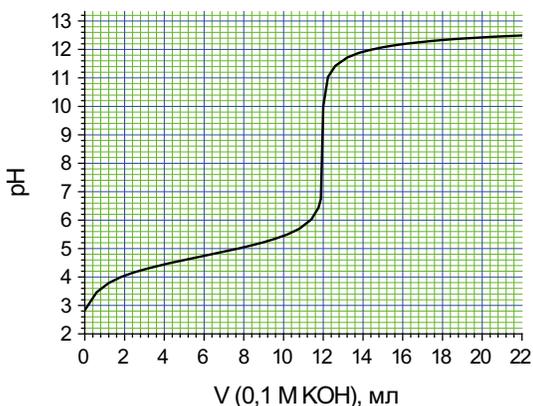
См. 10-й класс. Задача № 4.

## Задача № 5. Старая кислота

### Вариант 1

В лаборатории в шкафу с кислотами хранятся несколько склянок. На одной из склянок стерлась надпись. Согласно списку реактивов, в склянке находится разбавленный раствор одной из следующих кислот: муравьиная, уксусная, бензойная либо азотная. Молодого лаборанта попросили определить, раствор какой кислоты находится в склянке и какова её концентрация. В наличии у лаборанта был рН-метр, набор посуды и 0,1-молярный раствор гидроксида калия. Лаборант решил провести рН-метрическое титрование неизвестной кислоты. Для титрования он отобрал аликвоту 10 мл раствора кислоты и последовательно добавлял из бюретки раствор гидроксида калия, измеряя рН раствора после каждого добавления. Зависимость рН от объёма добавленного КОН представлена ниже.

По данному графику лаборант с лёгкостью определил концентрацию неизвестной кислоты. Проанализировав график ещё раз и взглянув в справочник, лаборант успешно определил, какая кислота находится в склянке.



- 1) Определите концентрацию кислоты в склянке.
- 2) Определите степень диссоциации кислоты в исходном растворе. Слабая или сильная кислота находится в склянке?
- 3) Определите, какая кислота в склянке.
- 4) Напишите уравнение её диссоциации.

*Примечание:* водородный показатель  $\text{pH} = -\lg C(\text{H}^+)$ , ионное произведение воды — произведение концентраций ионов водорода и гидроксид-ионов — при 25 °С равно  $10^{-14}$ .

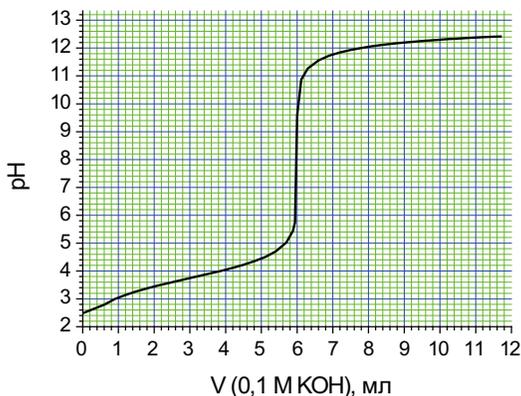
Справочные данные:

Кислота	Константа диссоциации
Муравьиная	$1,8 \cdot 10^{-4}$
Уксусная	$1,8 \cdot 10^{-5}$
Бензойная	$6,6 \cdot 10^{-5}$

### Вариант 2

В лаборатории в шкафу с кислотами хранятся несколько склянок. На одной из склянок стерлась надпись. Согласно списку реактивов, в склянке находится разбавленный раствор одной из следующих кислот: муравьиная, уксусная, бензойная либо азотная. Молодого лаборанта попросили определить, раствор какой кислоты находится в склянке и какова её концентрация. В наличии у лаборанта был рН-метр, набор посуды и 0,1-молярный раствор гидроксида калия. Лаборант решил провести рН-метрическое титрование неизвестной кислоты. Для титрования он отобрал аликвоту 10 мл раствора кислоты и последовательно добавлял из бюретки раствор гидроксида калия, измеряя рН раствора после каждого добавления. Зависимость рН от объёма добавленного КОН представлена ниже.

По данному графику лаборант с лёгкостью определил концентрацию неизвестной кислоты. Проанализировав график ещё раз и взглянув в справочник, лаборант успешно определил, какая кислота находится в склянке.



- 1) Определите концентрацию кислоты в склянке.
- 2) Определите степень диссоциации кислоты в исходном растворе. Слабая или сильная кислота находится в склянке?
- 3) Определите, какая кислота в склянке.

4) Напишите уравнение её диссоциации.

*Примечание:* водородный показатель  $\text{pH} = -\lg C(\text{H}^+)$ , ионное произведение воды — произведение концентраций ионов водорода и гидроксид-ионов — при  $25^\circ\text{C}$  равно  $10^{-14}$ .

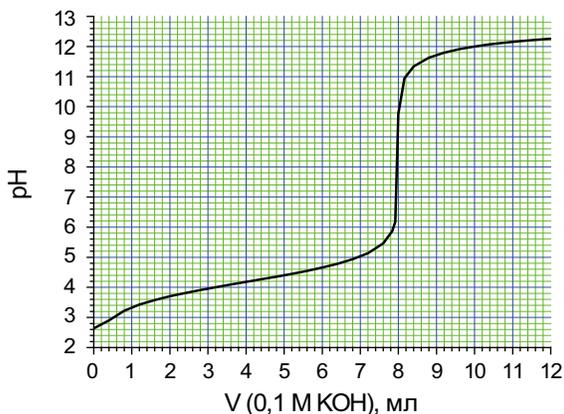
*Справочные данные:*

Кислота	Константа диссоциации
Муравьиная	$1,8 \cdot 10^{-4}$
Уксусная	$1,8 \cdot 10^{-5}$
Бензойная	$6,6 \cdot 10^{-5}$

### Вариант 3

В лаборатории в шкафу с кислотами хранятся несколько склянок. На одной из склянок стерлась надпись. Согласно списку реактивов, в склянке находится разбавленный раствор одной из следующих кислот: муравьиная, уксусная, бензойная либо азотная. Молодого лаборанта попросили определить, раствор какой кислоты находится в склянке и какова её концентрация. В наличии у лаборанта был рН-метр, набор посуды и 0,1-молярный раствор гидроксида калия. Лаборант решил провести рН-метрическое титрование неизвестной кислоты. Для титрования он отобрал аликвоту 10 мл раствора кислоты и последовательно добавлял из бюретки раствор гидроксида калия, измеряя рН раствора после каждого добавления. Зависимость рН от объёма добавленного КОН представлена ниже.

По данному графику лаборант с лёгкостью определил концентрацию неизвестной кислоты. Проанализировав график ещё раз и взглянув в справочник, лаборант успешно определил, какая кислота находится в склянке.



- 1) Определите концентрацию кислоты в склянке.
- 2) Определите степень диссоциации кислоты в исходном растворе. Слабая или сильная кислота находится в склянке?
- 3) Определите, какая кислота в склянке.
- 4) Напишите уравнение её диссоциации.

*Примечание:* водородный показатель  $pH = -\lg C(H^+)$ , ионное произведение воды — произведение концентраций ионов водорода и гидроксид-ионов — при  $25^\circ C$  равно  $10^{-14}$ .

*Справочные данные:*

Кислота	Константа диссоциации
Муравьиная	$1,8 \cdot 10^{-4}$
Уксусная	$1,8 \cdot 10^{-5}$
Бензойная	$6,6 \cdot 10^{-5}$

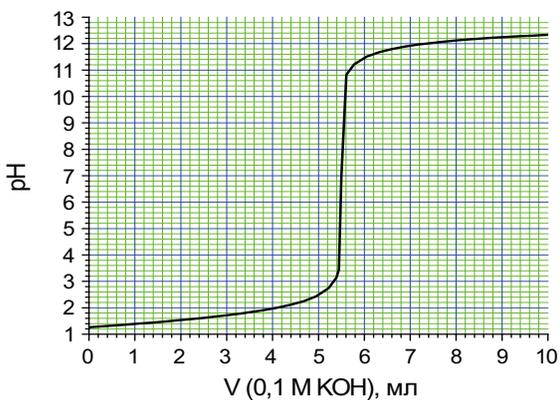
#### Вариант 4

В лаборатории в шкафу с кислотами хранятся несколько склянок. На одной из склянок стерлась надпись. Согласно списку реактивов, в склянке находится разбавленный раствор одной из следующих кислот: муравьиная, уксусная, бензойная либо азотная. Молодого лаборанта попросили определить, раствор какой кислоты находится в склянке и какова её концентрация. В наличии у лаборанта был рН-метр, набор посуды и 0,1-молярный раствор гидроксида калия. Лаборант решил провести рН-метрическое титрование неизвестной кислоты. Для титрования он отобрал аликвоту 10 мл раствора кислоты и последовательно добавлял из бюретки раствор гидроксида калия, измеряя рН раствора после каждого добавления. Зависимость рН от объёма добавленного КОН представлена ниже.

По данному графику лаборант с лёгкостью определил концентрацию неизвестной кислоты. Проанализировав график ещё раз и взглянув в справочник, лаборант успешно определил, какая кислота находится в склянке.

- 1) Определите концентрацию кислоты в склянке.
- 2) Определите степень диссоциации кислоты в исходном растворе. Слабая или сильная кислота находится в склянке?
- 3) Определите, какая кислота в склянке.
- 4) Напишите уравнение её диссоциации.

*Примечание:* водородный показатель  $pH = -\lg C(H^+)$ , ионное произведение воды — произведение концентраций ионов водорода и гидроксид-ионов — при  $25^\circ C$  равно  $10^{-14}$ .



Справочные данные:

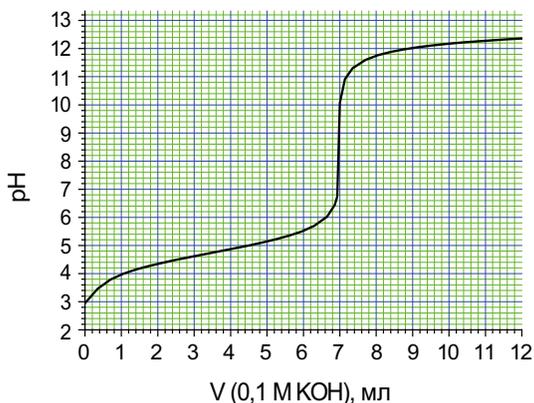
Кислота	Константа диссоциации
Муравьиная	$1,8 \cdot 10^{-4}$
Уксусная	$1,8 \cdot 10^{-5}$
Бензойная	$6,6 \cdot 10^{-5}$

#### Вариант 5

В лаборатории в шкафу с кислотами хранятся несколько склянок. На одной из склянок стерлась надпись. Согласно списку реактивов, в склянке находится разбавленный раствор одной из следующих кислот: муравьиная, уксусная, бензойная либо азотная. Молодого лаборанта попросили определить, раствор какой кислоты находится в склянке и какова её концентрация. В наличии у лаборанта был рН-метр, набор посуды и 0,1-молярный раствор гидроксида калия. Лаборант решил провести рН-метрическое титрование неизвестной кислоты. Для титрования он отобрал аликвоту 10 мл раствора кислоты и последовательно добавлял из бюретки раствор гидроксида калия, измеряя рН раствора после каждого добавления. Зависимость рН от объёма добавленного КОН представлена ниже.

По данному графику лаборант с лёгкостью определил концентрацию неизвестной кислоты. Проанализировав график ещё раз и взглянув в справочник, лаборант успешно определил, какая кислота находится в склянке.

- 1) Определите концентрацию кислоты в склянке.
- 2) Определите степень диссоциации кислоты в исходном растворе. Слабая или сильная кислота находится в склянке?
- 3) Определите, какая кислота в склянке.



4) Напишите уравнение её диссоциации.

*Примечание:* водородный показатель  $\text{pH} = -\lg C(\text{H}^+)$ , ионное произведение воды — произведение концентраций ионов водорода и гидроксид-ионов — при  $25^\circ\text{C}$  равно  $10^{-14}$ .

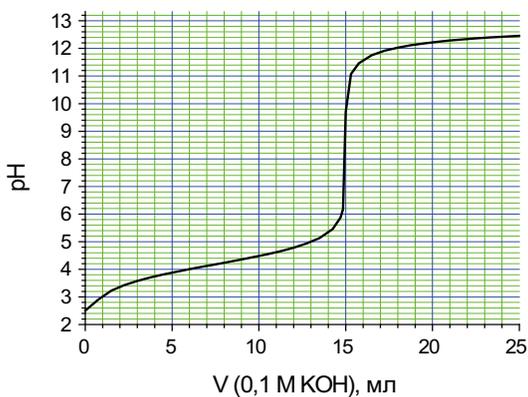
*Справочные данные:*

Кислота	Константа диссоциации
Муравьиная	$1,8 \cdot 10^{-4}$
Уксусная	$1,8 \cdot 10^{-5}$
Бензойная	$6,6 \cdot 10^{-5}$

### Вариант 6

В лаборатории в шкафу с кислотами хранятся несколько склянок. На одной из склянок стерлась надпись. Согласно списку реактивов, в склянке находится разбавленный раствор одной из следующих кислот: муравьиная, уксусная, бензойная либо азотная. Молодого лаборанта попросили определить, раствор какой кислоты находится в склянке и какова её концентрация. В наличии у лаборанта был рН-метр, набор посуды и 0,1-молярный раствор гидроксида калия. Лаборант решил провести рН-метрическое титрование неизвестной кислоты. Для титрования он отобрал аликвоту 10 мл раствора кислоты и последовательно добавлял из бюретки раствор гидроксида калия, измеряя рН раствора после каждого добавления. Зависимость рН от объёма добавленного КОН представлена ниже.

По данному графику лаборант с лёгкостью определил концентрацию неизвестной кислоты. Проанализировав график ещё раз и взглянув в справочник, лаборант успешно определил, какая кислота находится в склянке.



- 1) Определите концентрацию кислоты в склянке.
- 2) Определите степень диссоциации кислоты в исходном растворе. Слабая или сильная кислота находится в склянке?
- 3) Определите, какая кислота в склянке.
- 4) Напишите уравнение её диссоциации.

*Примечание:* водородный показатель  $pH = -\lg C(H^+)$ , ионное произведение воды — произведение концентраций ионов водорода и гидроксид-ионов — при  $25^\circ C$  равно  $10^{-14}$ .

*Справочные данные:*

Кислота	Константа диссоциации
Муравьиная	$1,8 \cdot 10^{-4}$
Уксусная	$1,8 \cdot 10^{-5}$
Бензойная	$6,6 \cdot 10^{-5}$

## Отборочный этап

## || 8-Й КЛАСС

## Задача № 1

## Вариант 1

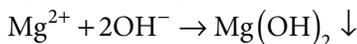
Навеску кристаллогидрата соли магния массой 36,9 г растворили в 250 мл воды, получив при этом раствор с массовой долей 6,273 %. Магний из образовавшегося раствора можно полностью осадить с помощью 12 г гидроксида натрия. Установите формулу исходного гидрата.

Запишем формулу кристаллогидрата в виде  $Mg_xAn_y \cdot nH_2O$

Определим массу соли в образовавшемся растворе:

$$m(Mg_xAn_y) = \frac{(36,9 + 250) \cdot 6,273}{100} \approx 18 \text{ г}$$

Запишем сокращенное ионное уравнение взаимодействия растворимой соли магния и гидроксида натрия:



Рассчитаем количество магния в растворе:

$$\nu(Mg) = 0,5 \cdot \nu(OH^-) = 0,5 \cdot \nu(NaOH) = 0,5 \cdot \frac{12}{40} = 0,15 \text{ моль}$$

Воспользуемся разумным перебором для определения молярной массы соли и молярной массы кислотного остатка:

$x$	$M(Mg_xAn_y)$ , г/моль	$y$	$M(An)$ , г/моль
1	120	1	96
		2	48
2	240	3	64

Подходящим вариантом является первый:

$$M(\text{Mg}_x\text{An}_y \cdot n\text{H}_2\text{O}) = 120 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{An}) = 96 \text{ г/моль}$$

Делаем вывод, соль — сульфат магния  $\text{MgSO}_4$ .

Рассчитаем количество воды, содержащейся в кристаллогидрате:

$$\nu(\text{H}_2\text{O}_{\text{к/г}}) = \frac{36,9 - 120 \cdot 0,15}{18} = 1,05 \text{ моль}$$

Рассчитаем сколько молекул воды приходится на одну формульную единицу соли:

$$n = \frac{1,05}{0,15} = 7$$

Таким образом формула кристаллогидрата:  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ .

*Вариант 2*

**Ответ:**  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ .

*Вариант 3*

**Ответ:**  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ .

*Вариант 4*

**Ответ:**  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ .

## Задача № 2

*Вариант 1*

Соотношение масс элемента и кислорода в оксиде составляет 9 : 8.

Установите формулу оксида, напишите три реакции с разными классами соединений, иллюстрирующие свойства этого оксида.

Запишем формулу оксида в виде  $\text{Э}_x\text{O}_y$ .

Рассчитаем массовые доли элементов в оксиде:

$$\omega(\text{Э}) = \frac{9}{9+8} \cdot 100 = 52,94\%$$
$$\omega(\text{O}) = 47,06\%$$

Запишем выражение:

$$x : y = \frac{\omega(\text{Э})}{M(\text{Э})} : \frac{\omega(\text{O})}{M(\text{O})} = \frac{52,94}{M(\text{Э})} : \frac{47,06\%}{16}$$

Воспользуемся разумным перебором:

$x$	$y$	$M(\Theta)$ , г/моль
2	1	9
1	1	18
2	3	27
1	2	36
2	5	45
1	3	54
2	7	63

Подходящим вариантом является третий:

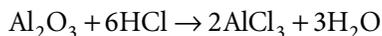
$$x : y = 2 : 3$$

$$M(\Theta) = 27 \text{ г/моль}$$

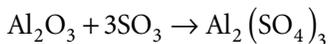
Делаем вывод, что элемент — алюминий.

Таким образом формула оксида:  $Al_2O_3$ .

Оксид алюминия — амфотерный оксид, для иллюстрации его свойств запишем уравнения реакций с кислотой и щелочью:



Можно также записать уравнение реакции оксида алюминия с кислотным оксидом:



*Вариант 2*

**Ответ:**  $N_2O_5$ .

*Вариант 3*

**Ответ:**  $As_2O_3$ .

### **Задача № 3**

*Вариант 1*

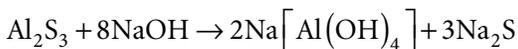
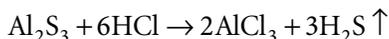
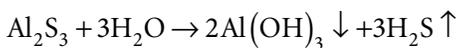
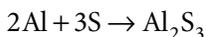
При сплавлении 1 г стехиометрической смеси металла и неметалла образовалось белое бинарное соединение. Полученное вещество раз-

делили на три равные части. Первую обработали водой, в результате выпал белый осадок и выделился газ с запахом тухлых яиц. Вторую часть обработали соляной кислотой, при этом образование осадка не наблюдалось, но газ по-прежнему выделялся. Третью часть обработали раствором щёлочи, в результате образовался прозрачный раствор и не выделялся газ.

1. Какие простые вещества могли быть взяты для проведения описанных экспериментов?
2. Напишите уравнения проведенных реакций.
3. Определите объём выделившегося газа при н. у. и массу образовавшегося осадка при обработке его водой.

Исходя из описания протекающих реакций, при сплавлении металла и неметалла образовался легкогидролизующийся сульфид амфотерного металла белого цвета. Подходит сульфид алюминия, таким образом, исходные простые вещества — алюминий и сера.

Запишем уравнения протекающих реакций:



Рассчитаем количество сульфида алюминия (его масса равна массе вступивших в реакцию простых веществ):

$$\nu(\text{Al}_2\text{S}_3) = \frac{1}{2 \cdot 27 + 3 \cdot 32} \approx 0,0067 \text{ моль}$$

Тогда объём выделившегося газа (суммарно в двух реакциях):

$$V(\text{H}_2\text{S}) = 22,4 \cdot \frac{0,0067}{3} \cdot 3 \approx 0,15 \text{ л}$$

А масса осадка:

$$m(\text{Al}(\text{OH})_3) = 78 \cdot \frac{0,0067}{3} \cdot 2 \approx 0,35 \text{ г}$$

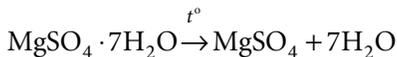
*Вариант 2*

**Ответ:**  $\text{Cr}_2\text{S}_3$ ,  $V(\text{H}_2\text{S}) = 0,112 \text{ л}$ ,  $m(\text{Cr}(\text{OH})_3) \approx 0,34$ .

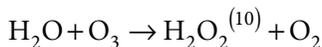
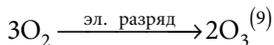
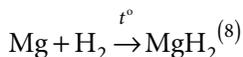
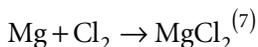
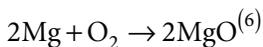
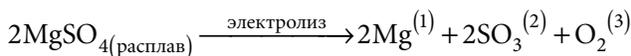
#### Задача № 4

Предложите не менее 10 веществ, которые можно получить в одну или несколько стадий, используя в качестве исходных веществ **только** английскую соль и хлороводород. Укажите условия протекания реакций. Набор оборудования считать неограниченным (кроме необходимого для ядерных превращений).

Приведём один из множества возможных вариантов решения задачи:



Это очень важная стадия, поскольку позволяет получить воду, а многие дальнейшие реакции идут именно в водном растворе.



## || 9-Й КЛАСС

### Задача № 1

См. 9-й класс. Задача № 1.

### Задача № 2

#### Вариант 1

Объясните данные наблюдения с точки зрения равновесий электролитов в растворе. Напишите уравнения химических реакций, подтверждающие Ваши гипотезы.

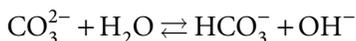
1. Дистиллированная вода имеет слабокислую среду ( $\text{pH} = 5\text{--}6$ ).
2. Для стирки раньше использовали раствор кальцинированной соды, в то время как пищевая сода не эффективна для стирки.
3. Твердый нитрат железа(III) (кристаллогидрат) — белая соль. Водный раствор нитрата железа(III) — ярко-жёлтый.
4. Для травления медных печатных плат с целью растворения меди используют водный раствор хлорного железа.

Последовательно рассмотрим каждое наблюдение:

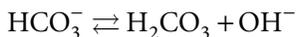
1. Дистиллированная вода имеет слабокислую среду, так как обычно в ней растворён углекислый газ из воздуха, который при реакции с водой образует слабую угольную кислоту, частичная диссоциация которой и даёт слабокислую среду:



2. Кальцинированную соду  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  использовали для стирки вследствие щелочной среды её водного раствора в результате гидролиза по аниону  $\text{CO}_3^{2-}$ :



Пищевая сода  $\text{NaHCO}_3$  также гидролизуеться в водном растворе по аниону  $\text{HCO}_3^-$ :

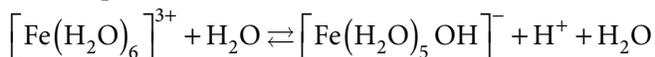


Вследствие того, что угольная кислота гораздо лучше диссоциирует по первой ступени, чем по второй, реакция гидролиза для карбонат-иона сильнее смещена в сторону образования продуктов, чем для

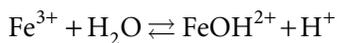
гидрокарбонат-иона. В результате раствор кальцинированной соды имеет сильнощелочную среду, а пищевой соды — слабощелочную.

Щелочная среда необходима для омыления жиров, которые составляют существенную часть грязи на одежде. Слабощелочная среда (низкая концентрация гидроксид-ионов) раствора пищевой соды недостаточна для эффективного омыления жиров.

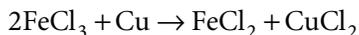
3. В кристаллогидрате нирата железа(III) ( $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  или  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ ) ион железа(III) существует в виде бесцветного аквакомплекса  $[\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$ , который гидролизуется в водной среде с образованием гидроксокомплексов жёлтого цвета:



или



4. Для травления медных печатных плат с целью растворения меди используют водный раствор хлорного железа  $\text{FeCl}_3$ , так как металлическая медь реагирует с солями железа(III), растворяя её:

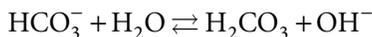


### Вариант 2

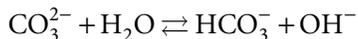
1. Газированная вода имеет слабокислую среду, так как в ней растворено большое количество углекислого газа, который при реакции с водой образует слабую угольную кислоту, частичная диссоциация которой и даёт слабокислую среду:



2. Для полоскания рта и горла используют раствор пищевой соды  $\text{NaHCO}_3$  вследствие слабощелочной среды её водного раствора в результате гидролиза по аниону  $\text{HCO}_3^-$ :



Кальцинированная сода  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  также гидролизуется в водном растворе по аниону  $\text{CO}_3^{2-}$ :

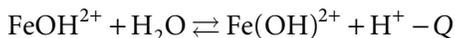


Вследствие того, что угольная кислота гораздо лучше диссоциирует по первой ступени, чем по второй, реакция гидролиза для карбонат-иона сильнее смещена в сторону образования продуктов, чем для

гидрокарбонат-иона. В результате, раствор кальцинированной соды имеет сильнощелочную среду, а пищевой соды — слабощелочную.

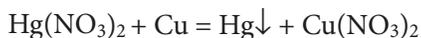
Использование для полоскания рта раствора, имеющего сильнощелочную среду, приводит к ожогу слизистой оболочки рта, а слабощелочную — нет.

3. В растворе хлорного железа ион железа(III) гидролизуеться по катиону с образованием окрашенных гидроксокомплексов:



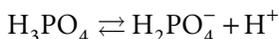
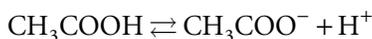
Данные реакции являются эндотермическими и увеличение температуры приводит к усилению гидролиза, увеличению концентрации окрашенных гидроксокомплексов и усилению окраски.

4. Монетка в 10 и 50 копеек имеет в своем составе медь, которая является более активным металлом, чем ртуть, вытесняя её из соли. Образующаяся металлическая ртуть — металл серебряного цвета.



### Вариант 3

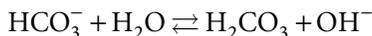
1. Уксусная кислота  $\text{CH}_3\text{COOH}$  является гораздо более слабой кислотой, чем ортофосфорная кислота  $\text{H}_3\text{PO}_4$ , степень диссоциации уксусной кислоты гораздо меньше степени диссоциации ортофосфорной кислоты:



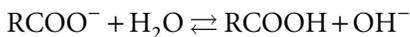
Одинаковый pH соответствует одинаковой концентрации ионов водорода. Следовательно, для получения одной и той же концентрации водорода следует использовать раствор уксусной кислоты намного большей концентрации, чем ортофосфорной.

2. Мылкость растворов пищевой соды и хозяйственного мыла обусловлены щелочной средой данных растворов в результате гидролиза по аниону.

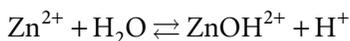
Пищевая сода  $\text{NaHCO}_3$  гидролизуеться в водном растворе по аниону  $\text{HCO}_3^-$ :



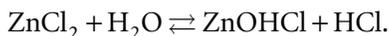
Хозяйственное мыло состоит из натриевых солей жирных кислот  $\text{RCOONa}$ , которые гидролизуются по аниону жирных кислот:



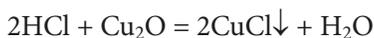
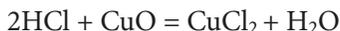
3. Раствор хлорида цинка используют в качестве паяльного флюса для удаления оксидной пленки с поверхности металлов вследствие кислой среды данного раствора в результате гидролиза по катиону цинка:



или



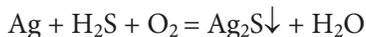
На меди образуется оксидная пленка, состоящая из  $\text{CuO}$  и  $\text{Cu}_2\text{O}$ , которая растворяется под действием кислоты:



или



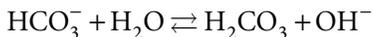
4. Серебряные украшения быстро темнеют при купании в термальных источниках из-за реакции серебра с сероводородом, которым насыщены термальные воды, в присутствии кислорода:



Образующийся сульфид серебра окрашен в черный цвет.

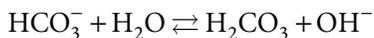
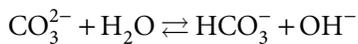
#### *Вариант 4*

1. После нагревания минеральной воды и удаления углекислого газа, из-за которого газированная вода имеет кислую среду, минеральная вода представляет из себя раствор солей, в том числе большое количество растворимых гидрокарбонатов, которые гидролизуются с образованием гидроксид-анионов, обуславливающих щелочную среду раствора:

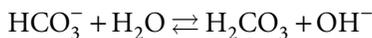


2. При кипячении как пищевой, так и кальцинированной соды происходит активное выделение газа.

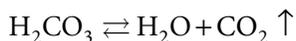
Кальцинированная сода,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , гидролизуеться в водном растворе по аниону  $\text{CO}_3^{2-}$ :



Пищевая сода  $\text{NaHCO}_3$ , также гидролизуется в водном растворе по аниону  $\text{HCO}_3^-$ :

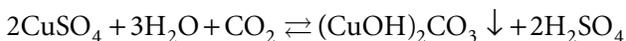


Увеличение температуры ведёт к уменьшению растворимости углекислого газа в воде, разложению угольной кислоты:

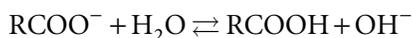


В результате, равновесие смещается в сторону усиления гидролиза.

3. При долгом нахождении открытой банки с раствором медного купороса на воздухе, на дне часто образуется осадок в результате взаимодействия сульфата меди(II)  $\text{CuSO}_4$  с углекислым газом воздуха  $\text{CO}_2$  с образованием нерастворимого гидроксокарбоната меди(II).



4. Хозяйственное мыло состоит из натриевых солей жирных кислот  $\text{RCOONa}$ , которые гидролизуются по аниону жирных кислот:



В результате гидролиза раствор хозяйственного мыла имеет щелочную среду.

Верхний, липидный, слой кожи, который защищает внутренние слои (в том числе от потери влаги), наполовину состоит из жирных кислот, которые переходят в соли в щелочной среде. Таким образом, частое мытьё рук хозяйственным мылом сушит кожу в результате разрушения липидного слоя кожи в щелочной среде водного раствора хозяйственного мыла.

### Задача № 3

#### Вариант 3

Железный кубик с длиной ребра  $a$  поместили на дно химического стакана и прилили к нему 10 %-ную соляную кислоту. Начальная скорость выделения водорода составила  $V_1$  мл/мин. Кубик разрезали на 8 одинаковых кубиков и поместили их на дно стакана так,

чтобы между собой они не соприкасались. После этого в стакан прилили ту же кислоту, что и в первом опыте. Какой стала теперь начальная скорость ( $V_2$ ) выделения водорода? Температура раствора в обоих опытах была одинакова.

Как известно, для гетерогенных реакций скорость прямо пропорциональна площади соприкосновения.

Найдем площадь поверхности кубика до разрезания. Нам нужно учесть лишь пять из шести граней кубика, так как одна грань соприкасалась с дном химического стакана:

$$S_1 = 5a^2.$$

Для разрезания исходного кубика на 8 новых одинаковых необходимо каждое ребро разделить пополам, тогда длина ребер новых кубиков составит  $a/2$ , а площадь соприкосновения с раствором:

$$S_2 = 8 \cdot 5 \cdot \left(\frac{a}{2}\right)^2 = 10a^2.$$

Отношение скоростей будет равно отношению площадей соприкосновения металла и раствора:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{S_1}{S_2} = \frac{5a^2}{10a^2} = \frac{1}{2}.$$

Иначе говоря, начальная скорость выделения водорода после разрезания кубика увеличилась в два раза и стала равна  $2V$ .

*Вариант 1*

**Ответ:** увеличится в 1,74 раза.

*Вариант 2*

**Ответ:** стала равна 0 из-за пассивации.

#### **Задача № 4**

С навеской железных опилок известной массы проделали следующую последовательность опытов:

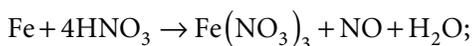
- 1) прибавили при  $25^\circ\text{C}$  10 мл концентрированной азотной кислоты;
- 2) добавили 10 мл воды;

- 3) прибавили избыток нашатырного спирта;
- 4) добавили избыток каустической соды и пропустили ток хлора;
- 5) прибавили эквимольное количество (т. е. то же количество вещества, сколько было взято железа) сульфата аммония и концентрированную соляную кислоту.

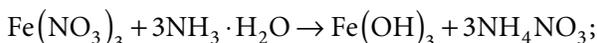
Приведите уравнения указанных реакций, а также тривиальное название конечного продукта превращений. Обратите внимание, что в конечном продукте примесь простого вещества металла отсутствовала.

Последовательно рассмотрим протекающие взаимодействия:

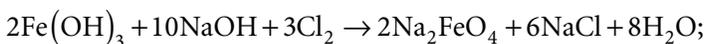
- 1) железо пассивируется концентрированной азотной кислотой — реакция не протекает;
- 2) при разбавлении исходного раствора начинает протекать реакция:



- 3) при добавлении нашатырного спирта (водного раствора аммиака) осаждается гидроксид железа(III):



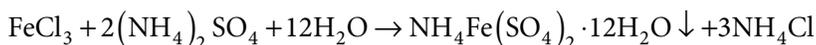
- 4) под действием хлора в присутствии каустической соды (гидроксида натрия) происходит окисление с образованием феррата(VI) натрия:



- 5) хлороводород выступает в качестве восстановителя, восстанавливая железо до степени окисления +3:



Катион железа(III) в присутствии сульфата аммония связывается в малорастворимый двойной сульфат — железоаммонийные квасцы — додекагидрат сульфата аммония железа(III):



### Вариант 2

- 1) реакции нет — пассивация;
- 2)  $2\text{Al} + 3\text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + 3\text{H}_2$ ;

- 3)  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + 8\text{KOH} = 2\text{KAl}(\text{OH})_4 + 3\text{K}_2\text{SO}_4$ ;
- 4)  $2\text{KAl}(\text{OH})_4 + \text{CO}_2 = 2\text{Al}(\text{OH})_3 + \text{K}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ ;
- 5)  $\text{Al}(\text{OH})_3 + 2\text{K}_2\text{SO}_4 + 3\text{HCl} + 9\text{H}_2\text{O} = 3\text{KCl} + \text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ .

Получатся алюмокалиевые квасцы — их образование обусловлено низкой растворимостью вещества.

### Вариант 3

- 1) реакции нет — пассивация;
- 2)  $\text{Cr} + 4\text{HNO}_3 = \text{Cr}(\text{NO}_3)_3 + \text{NO} + 2\text{H}_2\text{O}$ ;
- 3)  $2\text{Cr}(\text{NO}_3)_3 + 16\text{NaOH} + 3\text{Cl}_2 = 2\text{Na}_2\text{CrO}_4 + 6\text{NaNO}_3 + 6\text{NaCl} + 8\text{H}_2\text{O}$ ;
- 4)  $2\text{Na}_2\text{CrO}_4 + 2\text{HCl} = 2\text{NaCl} + \text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{O}$ ;
- 5)  $2\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + 14\text{HCl} = 2\text{CrCl}_3 + 3\text{Cl}_2 + 2\text{NaCl} + 7\text{H}_2\text{O}$ ;
- 6)  $\text{CrCl}_3 + 2\text{K}_2\text{SO}_4 + 12\text{H}_2\text{O} = 3\text{KCl} + \text{KCr}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ .

Получатся хромокалиевые квасцы — их образование обусловлено низкой растворимостью вещества.

## Задача № 5

См. 9-й класс. Задача № 4.

## Задача № 6

### Вариант 1

Юный химик засыпал 10 г натрия большим количеством снега, однако ожидаемого взрыва не последовало, лишь выделилось немного газа и часть снега растаяла. Рассчитайте массу растаявшего снега, если теплота плавления льда ( $\lambda$ ) составляет 330 кДж/кг, стандартные теплоты образования:  $Q_{\text{обр}}(\text{H}_2\text{O}_{\text{кр.}}) = 292$  кДж/моль,  $Q_{\text{обр}}(\text{NaOH}_{\text{р-р}}) = 469$  кДж/моль. Начальную температуру снега считайте равной 0 °С. Рассчитайте объём выделившегося при этом газа.

Запишем термохимическое уравнение реакции:



Воспользуемся следствием из закона Гесса и рассчитаем тепловой эффект реакции на 1 моль натрия:

$$Q_{(\text{р-и})} = Q_{(\text{обр.})}(\text{NaOH}_{(\text{р-р})}) - Q_{(\text{обр.})}(\text{H}_2\text{O}_{(\text{кр.})}) = 469 - 292 = 177 \text{ кДж/моль}$$

Рассчитаем количество натрия:

$$\nu(\text{Na}) = \frac{10}{23} = 0,435 \text{ моль}$$

Тогда количество выделившегося водорода:

$$\nu(\text{H}_2) = 0,5 \cdot \nu(\text{Na}) \approx 0,218 \text{ моль}$$

А его объём при н. у.:

$$V(\text{H}_2) = \nu(\text{H}_2) \cdot 22,4 = 0,218 \cdot 22,4 = 4,88 \text{ л}$$

Рассчитаем количество выделившегося тепла:

$$Q = Q_{(p-n)} \cdot \frac{\nu(\text{Na})}{1} = 177 \cdot 0,435 = 77 \text{ кДж}$$

Масса растаявшего снега равна отношению количества поглощённого тепла к теплоте плавления льда.

$$m_{\text{раст.}}(\text{снега}) = \frac{Q}{\lambda} = \frac{77}{330} = 0,233 \text{ кг}$$

*Вариант 2*

**Ответ:**  $V(\text{H}_2) = 2,87$ ;  $m_{\text{раст.}}(\text{снега}) = 61$ .

*Вариант 3*

**Ответ:**  $V(\text{H}_2) = 9,34$ ;  $m_{\text{раст.}}(\text{снега}) = 135$ .

*Вариант 3.*

**Ответ:**  $V(\text{H}_2) = 5,6$ ;  $m_{\text{раст.}}(\text{снега}) = 15$ .

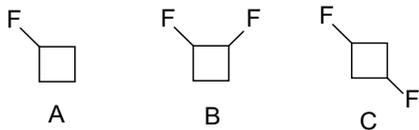
## || 10-Й КЛАСС

### Задача № 1

Многие физические свойства и химическое поведение веществ зависят не только от порядка связывания атомов и групп атомов в молекуле, но и от их взаимного пространственного расположения. Понимание количества возможных стереоизомеров (диастереомеров и энантиомеров) для заданной структурной формулы позволяет выбрать оптимальный стереоселективный путь получения соединений с конкретной конфигурацией.

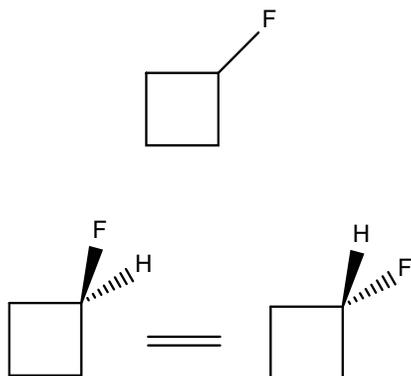
Сколько стереоизомеров (включая энантиомеры) соответствует каждой из приведённых структур.

*Вариант 1*

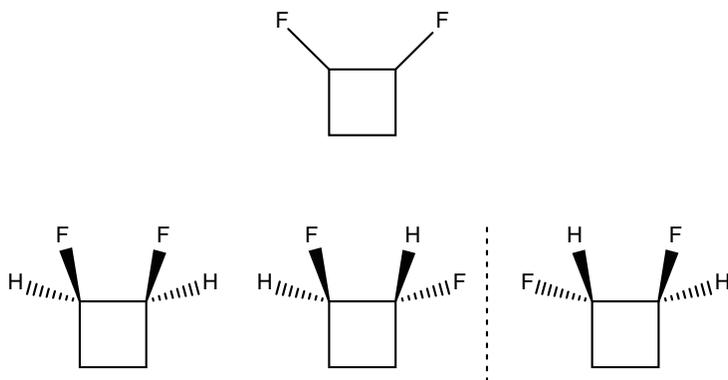


Рассмотрим последовательно возможные стереоизомеры каждого из веществ.

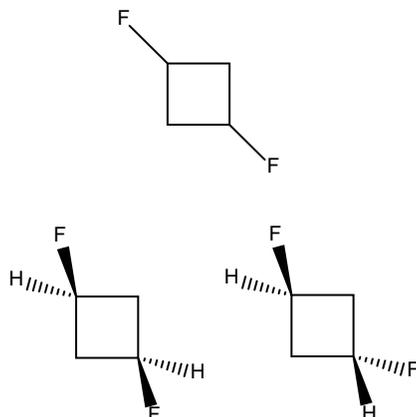
Вещество **A** не имеет стереоизомеров:



Вещество **B** имеет пару цис-транс изомеров и пару оптических изомеров:



Вещество С имеет пару цис-транс изомеров:



## Задача № 2

### Вариант 3

В составе некоторого соединения массовые доли водорода, кислорода и фиалкового элемента составляют 0,68; 32,67 и 43,18 %, соответственно. Определите состав этого вещества, приведите его структурную формулу. К какому классу соединений оно относится? Предложите 2 реакции, характеризующие важнейшие химические свойства этого вещества.

Можно предположить, что фиалковый элемент — это йод, поскольку его пары имеют фиолетовый (фиалковый) цвет. Очевидно, что сумма массовых долей приведённых в задаче элементов не равна 100%. Следовательно, в состав соединения входит ещё как минимум один дополнительный элемент.

Для определения брутто-формулы соединения примем, что в ней присутствует один атом йода. Далее вычислим количество других элементов:

$$n(\text{H}) = \frac{127 \cdot 0,68}{43,18 \cdot 1} = 2,$$

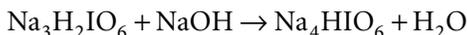
$$n(\text{O}) = \frac{127 \cdot 32,67}{43,18 \cdot 16} = 6.$$

Найдём суммарную массу оставшегося элемента (элементов). Она составит:

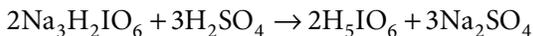
$$m = \frac{127 \cdot (100 - 32,67 - 0,68 - 43,18)}{43,18} = 69 \text{ а. е. м.}$$

Такое значение может соответствовать трём атомам натрия. Тогда искомое вещество — кислая соль дигидропериодат натрия —  $\text{Na}_3\text{H}_2\text{IO}_6$ .

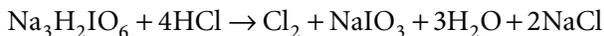
Данное соединение, как и любая кислая соль, проявляет свойства кислоты:



Будучи солью слабой кислоты это вещество может реагировать с сильными кислотами:



Также периодаты обладают окислительными свойствами:



*Вариант 1*

*Подсказка:* ξένον (ксенос) с др. греческого «чужой, странный».

*Вариант 2*

*Подсказка:* tellus (теллус) с лат. «Земля».

*Вариант 4*

См. **Вариант 1.**

**Задача № 3**

См. 9-й класс. **Задача № 4.**

**Задача № 4**

См. 8-й класс. **Задача № 4.**

## Задача № 5

### Вариант 1

Время протекания химической реакции обратно пропорционально скорости химической реакции  $t \sim 1/v$ .

Воспользуемся уравнением Аррениуса:

$$k = Ae^{-\frac{E_a}{RT}},$$

где  $k$  — константа скорости реакции,  $A$  — предэкспоненциальный множитель,  $E_a$  — энергия активации,  $R$  — универсальная газовая постоянная,  $T$  — температура в Кельвинах)

Для одной и той же реакции, протекающей при различной температуре, можно записать отношение времен протекания при температуре  $T_1$  и  $T_2$ :

$$\frac{t_{T_2}}{t_{T_1}} = \frac{k_{T_1}}{k_{T_2}} = \frac{Ae^{-\frac{E_a}{RT_1}}}{Ae^{-\frac{E_a}{RT_2}}} = e^{-\frac{E_a}{R}\left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}\right)},$$
$$t_{T_2} = t_{T_1} e^{-\frac{E_a}{R}\left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}\right)}.$$

Таким образом, время превращения алмаза в графит при 293 К (20 °С) займёт:

$$t_{293} = 15 \text{ мин} \cdot e^{-\frac{160000}{8,31}\left(\frac{1}{2273} - \frac{1}{293}\right)} = 1,1 \cdot 10^{26} \text{ мин} = 2,1 \cdot 10^{20} \text{ лет}.$$

Время превращения алмаза в графит при 1273 К (1000 °С) займёт:

$$t_{1273} = 15 \text{ мин} \cdot e^{-\frac{160000}{8,31}\left(\frac{1}{2273} - \frac{1}{1273}\right)} = 11640 \text{ мин} = 8 \text{ суток}.$$

Время превращения алмаза в графит при 3273 К (3000 °С) займёт:

$$t_{3273} = 15 \text{ мин} \cdot e^{-\frac{160000}{8,31}\left(\frac{1}{2273} - \frac{1}{3273}\right)} = 1,12 \text{ мин}.$$

### Вариант 2

**Ответ:**  $2,1 \cdot 10^{21}$  лет, 2,72 часа, 3,26 минут.

Вариант 3

Ответ:  $2,5 \cdot 10^{22}$  лет, 854 суток, 2,04 минут.

Вариант 4

Ответ:  $1,2 \cdot 10^{18}$  лет, 24,88 часов, 1,65 минут.

### Задача № 6

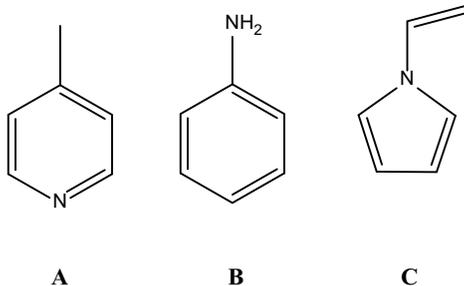
Вариант 1

Из описания химических свойств понятно, что **A** и **B** являются аминами, так как образуют соли с хлороводородом, а **C** не проявляет основных свойств (неподелённая пара атома азота учувствует в формировании ароматической системы).

В состав **C** входит двойная связь, не вовлечённая в ароматическую систему, поскольку это соединения полимеризуется, в **A** и **B** такой связи нет.

Поскольку **B** даёт осадок при взаимодействии с бромной водой, это производное анилина (описана качественная реакция на анилин). При этом ни **A**, ни **C** не являются производными анилина.

Таким образом, можно предположить следующие структуры, удовлетворяющие описанному выше:



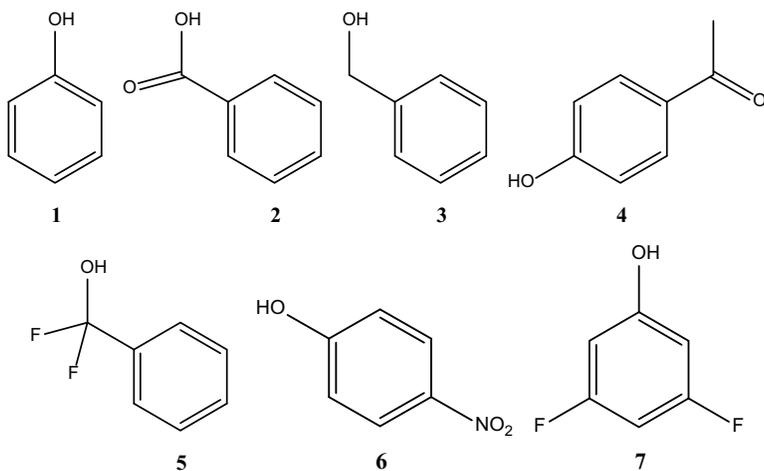
## || 11-Й КЛАСС

### Задача № 1

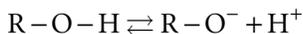
#### Вариант 3

Кислотность органических молекул выступает в качестве важнейшего фактора, определяющего их реакционную способность, поскольку многие органические реакции включают элементарную стадию отщепления протона. Поэтому для предсказания реакционной способности соединений важно уметь оценивать их кислотно-основные свойства.

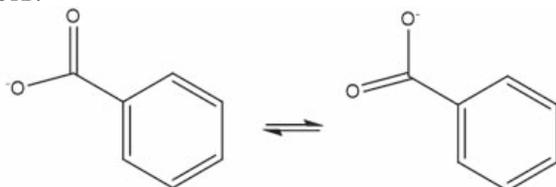
Расположите указанные соединения в порядке увеличения кислотности.

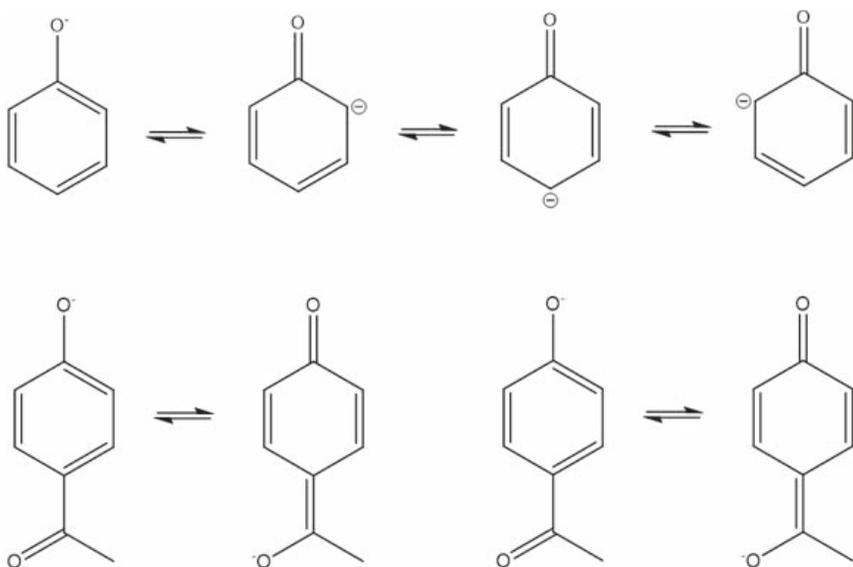


Кислотность соединения определяется равновесием:



Так, акцепторные заместители «стягивающие» электронную плотность со связи O–H повышают кислотность соединения. На рисунке приведены резонансные структуры, поясняющие изменения кислотных свойств:





Таким образом, правильное расположение: 3 < 5 < 1 < 7 < 4 < 6 < 2.

### Задача № 2

См. 10-й класс. Задача № 1.

### Задача № 3

См. 9-й класс. Задача № 2.

### Задача № 4

См. 9-й класс. Задача № 3.

### Задача № 5

#### Вариант 1

При сжигании 2,00 г некоторого вещества X, содержащего углерод, водород и металл, получено 2,35 л (н. у.) CO<sub>2</sub>, 2,37 г воды и 0,89 г белого порошка. Определите состав исходного вещества X и за-

пишите уравнение реакции горения этого вещества. Приведите не менее трёх возможных структурных формул вещества X.

Из текста задачи очевидно, что вещество сожгли в кислороде. Определим соотношение углерода и водорода в исходном веществе.

$$\nu(\text{C}) = \nu(\text{CO}_2) = \frac{2,35}{22,4} = 0,105 \text{ моль,}$$

$$\nu(\text{H}) = 2 \cdot \nu(\text{H}_2\text{O}) = 2 \cdot \frac{2,37}{18} = 0,26(3) \text{ моль.}$$

Тогда:

$$\nu(\text{C}) : \nu(\text{H}) = 2 : 5.$$

Определим массу металла в составе вещества:

$$m(\text{металл}) = 2 - 0,105 \cdot 12 - 0,263 \cdot 1 = 0,4767 \text{ г.}$$

В ходе реакции металл связался с кислородом, масса которого в оксиде составила:

$$m(\text{О окс.}) = 0,89 - 0,4767 = 0,4133 \text{ г.}$$

С помощью разумного перебора определим, что это за металл:

Формула оксида	M(Ме) г/моль
Me <sub>2</sub> O	9
MeO	18
Me <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	27

Нам подходит 3-й вариант, т. е. металл — алюминий. Тогда в исходной навеске вещества X присутствует 0,0175 моль алюминия, 0,105 моль углерода и 0,26(3) моль водорода, что соответствует брутто-формуле AlC<sub>6</sub>H<sub>15</sub>.

Некоторые из возможных вариантов: Al(C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>3</sub>, Al(CH<sub>3</sub>)(C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)(C<sub>3</sub>H<sub>7</sub>), Al(CH<sub>3</sub>)(C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)(i-C<sub>3</sub>H<sub>7</sub>).

*Вариант 2*

**Ответ:** BC<sub>9</sub>H<sub>21</sub>.

*Вариант 3*

**Ответ:** GaC<sub>9</sub>H<sub>21</sub>.

## Задача № 6

См. 8-й класс. Задача № 4.

## Задача № 7

### Вариант 1

Многие соединения, являющиеся сильными электролитами в водных растворах, являются слабыми электролитами в жидком аммиаке. Так, константа диссоциации хлороводорода в жидком аммиаке составляет 0,0013. Рассчитайте степень диссоциации соляной кислоты в растворе, полученном растворением 22,4 мл газообразного хлороводорода (н. у.) в 1 л жидкого аммиака. Рассчитайте концентрации ионов в растворе, если ионное произведение (константа автопротолиза) аммиака составляет  $2 \cdot 10^{-33}$ .

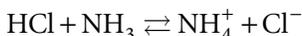
Запишем уравнение автопротолиза аммиака:



Выражение для константы автопротолиза имеет вид:

$$k_{\text{NH}_3} = [\text{NH}_4^+][\text{NH}_2^-]$$

Запишем уравнение диссоциации хлороводорода в жидком аммиаке:



Константа диссоциации хлороводорода в жидком аммиаке:

$$k_{\text{HCl}} = \frac{[\text{NH}_4^+][\text{Cl}^-]}{[\text{HCl}]}$$

Рассчитаем начальную концентрацию хлороводорода:

$$C_0 = \frac{22,4 \cdot 10^{-3}}{1 \cdot 22,4} = 0,001 \text{ моль/л}$$

Пусть концентрация ионов аммония в результате диссоциации хлороводорода стала  $x$  моль/л. Тогда уравнение константы диссоциации можно переписать как:

$$k_{\text{HCl}} = \frac{x^2}{C_0(\text{HCl}) - x},$$

$$\frac{x^2}{0,001-x} = 0,0013,$$

$$x^2 + 0,0013x - 1,3 \cdot 10^{-6} = 0.$$

Решая данное квадратное уравнение, получаем:

$$x = 6,62 \cdot 10^{-4},$$

$$[\text{NH}_4^+] = [\text{Cl}^-] = 6,62 \cdot 10^{-4} \text{ моль/л}$$

Рассчитаем теперь степень диссоциации хлороводорода:

$$\alpha_{\text{HCl}} = \frac{[\text{Cl}^-]}{C_0(\text{HCl})} \cdot 100\% = \frac{6,62 \cdot 10^{-4}}{0,001} = 66,2\%$$

Концентрацию  $\text{NH}_2^-$  находим из уравнения константы автопротолиза аммиака:

$$[\text{NH}_2^-] = \frac{k_{\text{NH}_3}}{[\text{NH}_4^+]} = \frac{2 \cdot 10^{-33}}{6,62 \cdot 10^{-4}} = 3,02 \cdot 10^{-30} \text{ моль/л}$$

Эта величина значительно меньше 1 молекулы на 1 л раствора, следовательно:

$$[\text{NH}_2^-] = 0 \text{ моль/л}$$

*Вариант 2*

*Ответ:*  $\alpha_{\text{HBr}} = 76\%$ ;  $[\text{NH}_4^+] = [\text{Br}^-] = 7,6 \cdot 10^{-4} \text{ моль/л}$ .

*Вариант 3*

*Ответ:*  $\alpha_{\text{HNO}_3} = 47,5\%$ ;  $[\text{NH}_4^+] = [\text{Br}^-] = 4,75 \cdot 10^{-3} \text{ моль/л}$ .

*Вариант 4*

*Ответ:*  $\alpha_{\text{HClO}_4} = 86,2\%$ ;  $[\text{NH}_4^+] = [\text{Br}^-] = 8,62 \cdot 10^{-4} \text{ моль/л}$ .

## Задача № 8

*Вариант 1*

В первую очередь, энтропия системы определяется количество моль газов, содержащихся в ней. Если в результате реакции возрастает число газообразных моль (то есть в левой части уравнения газов

меньше, чем в правой), возрастает и энтропия, и наоборот. При этом чем больше изменяется число моль газов, тем больше по абсолютному значению изменение энтропии.

Уравнение реакции	Изменение числа моль газов
$2\text{KClO}_{3(\text{кр.})} \xrightarrow{t^\circ} 2\text{KCl}_{(\text{кр.})} + 3\text{O}_{2(\text{г.})}$	Возросло в 1,5 раза
$\text{N}_{2(\text{г.})} + \text{O}_{2(\text{г.})} \rightarrow 2\text{NO}_{(\text{г.})}$	Не изменилось
цис – $\text{C}_2\text{H}_2\text{F}_2 \rightarrow$ транс – $\text{C}_2\text{H}_2\text{F}_2$	Не изменилось

В **первой** реакции энтропия **возрастает**, при этом по абсолютному значению изменение в этом процессе максимально.

Если число моль газов в обеих частях уравнения одинаково, это не означает, что изменение энтропии равно нулю. В этом случае всё будет определяться симметрией газообразных веществ, чем более симметричен газ, чем он более «упорядочен», тем меньше его энтропия. Так, вот второй реакции NO состоит из двух различных атомов, в то время как в левой части присутствуют только гомоядерные молекулы. Следовательно, NO имеет немного большую энтропию, чем кислород или азот, поэтому во **второй** реакции энтропия так же **возрастает**, но не столь значительно, как в первой.

В **третьей** реакции ситуация обратная. Транс-дифторэтилен более симметричен, по сравнению с цис-дифторэтиленом, следовательно, энтропия **уменьшается**.

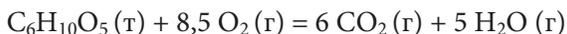
## Заключительный этап

### || 8-Й КЛАСС

#### Задача № 1. «Согрей себя сам»

##### Вариант 1

Древесина в основном состоит из целлюлозы ( $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$ ). Запишем её реакцию горения:



Теперь рассчитаем энтальпию реакции горения из  $\Delta_f H^\circ$

$$\begin{aligned}\Delta_c H^\circ &= 5 \cdot \Delta_f H^\circ(\text{H}_2\text{O}) + 6 \cdot \Delta_f H^\circ(\text{CO}_2) - \Delta_f H^\circ(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5) = \\ &= 5 \cdot (-241,8) + 6 \cdot (-393,5) - (-988,6) = -2581,4 \text{ кДж/моль.}\end{aligned}$$

Таким образом, при сжигании 1 моля целлюлозы выделяется 2581,4 кДж теплоты.

Теперь рассчитаем то количество теплоты, которое необходимо сообщить воздуху в комнате чтобы нагреть его от  $-15$  до  $25^\circ\text{C}$ :

$$Q = 40 \text{ м}^3 \cdot 1,21 \text{ кг/м}^3 \cdot 1005 \text{ Дж/кг}\cdot^\circ\text{C} \cdot 40^\circ\text{C} = 1945,68 \text{ кДж теплоты.}$$

Таким образом, для обогрева комнаты потребуется сжечь всего 0,75 моль целлюлозы или 121,5 г дров.

**Ответ:** 121,5 г дров = 0,121 кг дров.

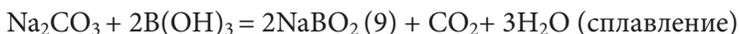
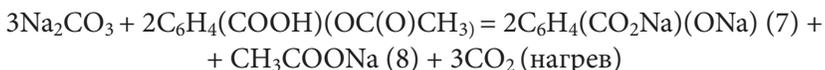
В реальности требуется гораздо большее количество дров так как:

- 1) древесина сгорает не полностью, большое количество целлюлозы разлагается до простого угля (и улетает в виде сажи) с поглощением теплоты;
- 2) в дровах обычно бывает до 30% воды и таким образом некоторая часть энергии тратится на её нагрев;
- 3) воздух также может быть влажным и его теплоёмкость сильно повысится.

## **Задача № 2. Химический синтез в домашних условиях**

### *Вариант 1*

Ниже приведен один из возможных вариантов решения:



## **Задача № 3. Соседи**

### *Вариант 1*

В общем виде формула водородного соединения может быть записана как  $\text{ЭH}_x$ , где  $x$  — степень окисления элемента.

Зная массовые доли водорода в водородных соединениях, можно определить неизвестные элементы.

Для первого элемента:

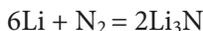
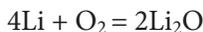
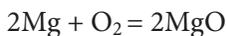
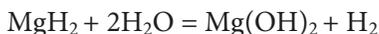
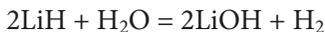
$$\omega(\text{H}) = \frac{M(\text{H}) \cdot x}{M(\text{H}) \cdot x + M(\text{Э1})},$$

$$0,127 = \frac{1 \cdot x}{x + M(\text{Э})},$$

$$M(\text{Э}) = \frac{0,873x}{0,127} = 6,9x.$$

При  $x = 1$  получаем Li. Аналогично для второго элемента при  $x = 2$  получаем Mg.

Уравнения реакций:



Схожесть в свойствах может быть проиллюстрирована, например, термическим разложением нитратов с образованием оксидов:



*Ответ:* Li, Mg.

#### **Задача № 4. Из жизни аквалангистов**

*Вариант 1*

Переведём давление, объём колбы в единицы СИ, а температуру — в градусы Кельвина:

$$P = 730 \text{ мм рт. ст.} = 730/760 \cdot 101300 \text{ Па} = 97300 \text{ Па}$$

$$V = 1120 \text{ мл} = 0,001120 \text{ м}^3$$

$$T = 20^\circ\text{C} = 293 \text{ К}$$

Из уравнения Менделеева—Клапейрона ( $PV = nRT$ ) определим количество вещества газа, находящегося в колбе:

$$n = PV/RT = 97300 \text{ Па} \cdot 0,001120 \text{ м}^3 / (293 \text{ К} \cdot 8,31 \text{ Па} \cdot \text{м}^3/\text{моль} \cdot \text{К}) = 0,0448 \text{ моль}$$

*Альтернативный подход:* находим молярный объём при  $20^\circ\text{C}$  и 730 мм рт. ст.

$$V_m (20^\circ\text{C}, 730 \text{ мм рт. ст.}) = 22,4 \text{ л/моль} \cdot (760/730) \cdot (293/273) = 25,03 \text{ л/моль}$$

Количество вещества газа, находящегося в колбе равно:

$$n = V_{\text{колбы}} / V_m (20^\circ\text{C}, 730 \text{ мм рт. ст.}) = 1,12 \text{ л} / 25,03 \text{ л/моль} = 0,0447 \text{ моль}$$

Найдем массу воздуха в колбе:

$$m_{\text{возд}} = 29 \text{ г/моль} \cdot 0,0448 \text{ моль} = 1,299 \text{ г}$$

Найдем массу колбы:

$$m_{\text{колба}} = m_{\text{колба+возд}} - m_{\text{возд}} = 306,530 \text{ г} - 1,299 \text{ г} = 305,231 \text{ г}$$

Найдем массу кислородно-гелиевой смеси:

$$m(\text{He} + \text{O}_2) = m(\text{колба} + \text{He} + \text{O}_2) - m_{\text{колба}} = 305,661 \text{ г} - 305,231 \text{ г} = 0,430 \text{ г}$$

Найдем среднюю молярную массу кислородно-гелиевой смеси:

$$M(\text{He} + \text{O}_2) = 0,430 \text{ г} / 0,0448 \text{ моль} = 9,60 \text{ г/моль}$$

Найдем молярные доли гелия  $X(\text{He})$  и кислорода  $X(\text{O}_2)$  в смеси, учитывая, что

$$X(\text{O}_2) + X(\text{He}) = 1$$

Средняя молярная масса смеси газов равна

$$M(\text{He} + \text{O}_2) = X(\text{He}) \cdot M(\text{He}) + X(\text{O}_2) \cdot M(\text{O}_2) = X(\text{He}) \cdot M(\text{He}) + (1 - X(\text{He})) \cdot X(\text{O}_2)$$

$$X(\text{He}) \cdot 4 + (1 - X(\text{He})) \cdot 32 = 9,60$$

$$X(\text{He}) = 0,8, X(\text{O}_2) = 1 - 0,8 = 0,2$$

Объемные доли гелия и кислорода так относятся друг к другу их мольные доли.

$$\omega_{об}(\text{O}_2) / \omega_{об}(\text{He}) = X(\text{O}_2) / X(\text{He})$$

Таким образом, в смеси содержится 80 % гелия и 20 % кислорода (по объёму).

## || 9-Й КЛАСС

### Задача № 1

#### Вариант 1

Определим мольный объём газа при указанных условиях.

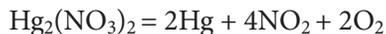
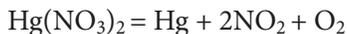
$$V_m = 22,4 \cdot (273,15 + 600) : 273,15 = 71,6 \text{ л/моль}$$

Тогда средняя молярная масса газа составляет

$$M = 71,6 \cdot 1,18 = 84,49 \text{ г/моль}$$

Количество вещества полученных газообразных продуктов составляет 0,21 моль.

Полученное значение средней молярной массы указывает на то, что помимо диоксида азота и кислорода в состав газовой смеси входит ещё как минимум один, притом тяжелый компонент. С большой долей вероятности таким компонентом является ртуть, а один из искомым нитратов —  $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$  или  $\text{Hg}_2(\text{NO}_3)_2$ :



Рассмотрим возможные варианты:

А) второй нитрат разлагается до нитрита и кислорода. Тогда возможно четыре варианта:

- (1)  $x$  моль  $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2 + y$  моль  $\text{MNO}_3$
- (2)  $x$  моль  $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2 + y$  моль  $\text{M}(\text{NO}_3)_2$
- (3)  $x$  моль  $\text{Hg}_2(\text{NO}_3)_2 + y$  моль  $\text{MNO}_3$
- (4)  $x$  моль  $\text{Hg}_2(\text{NO}_3)_2 + y$  моль  $\text{M}(\text{NO}_3)_2$

(1) Средняя молярная масса газообразных продуктов разложения составляет

$$x \cdot (200,6 + 2 \cdot 46 + 32) + y \cdot 16 = 84,49 \cdot (4x + 0,5y),$$

при этом

$$4x + 0,5y = 0,21.$$

Тогда  $x = 0,056$  моль,  $y < 0$  — решения нет.

(2) Средняя молярная масса газообразных продуктов разложения составляет

$$x \cdot (200,6 + 2 \cdot 46 + 32) + y \cdot 32 = 84,49 \cdot (4x + y),$$

$$4x + y = 0,21.$$

Молярная масса второго нитрата составляет 38,73 г/моль — таких нитратов нет.

(3) Средняя молярная масса газообразных продуктов разложения составляет

$$x \cdot (200,6 \cdot 2 + 2 \cdot 46 + 32) + y \cdot 16 = 84,49 \cdot (5x + 0,5y),$$

$$5x + 0,5y = 0,21.$$

Молярная масса второго нитрата составляет 26,7 г/моль — таких нитратов нет.

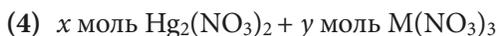
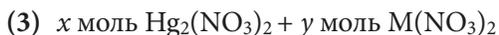
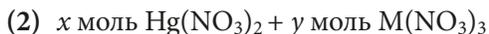
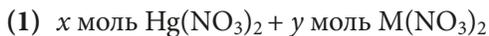
(4) Средняя молярная масса газообразных продуктов разложения составляет

$$x \cdot (200,6 \cdot 2 + 2 \cdot 46 + 32) + y \cdot 32 = 84,49 \cdot (5x + y),$$

$$5x + y = 0,21.$$

Молярная масса второго нитрата составляет 42,9 г/моль — таких нитратов нет.

Б) второй нитрат разлагается до оксида металла, диоксида азота и кислорода. Тогда (считая, что степень окисления металла при этом остается неизменной) также возможно четыре варианта:



(1) Средняя молярная масса газообразных продуктов разложения составляет

$$x \cdot (200,6 + 2 \cdot 46 + 32) + y \cdot (2 \cdot 46 + 0,5 \cdot 32) = 84,49 \cdot (4x + 2,5y),$$

при этом

$$4x + 2,5y = 0,21.$$

Тогда  $x = 0,041$  моль,  $y < 0$  — решения нет.

(2) Средняя молярная масса газообразных продуктов разложения составляет

$$x \cdot (200,6 + 2 \cdot 46 + 32) + y \cdot (3 \cdot 46 + 0,75 \cdot 32) = 84,49 \cdot (4x + 3,75y),$$

$$4x + 3,75y = 0,21.$$

$y < 0$  — решения нет.

(3) Средняя молярная масса газообразных продуктов разложения составляет

$$x \cdot (200,6 \cdot 2 + 2 \cdot 46 + 32) + y \cdot (2 \cdot 46 + 0,5 \cdot 32) = 84,49 \cdot (5x + 2,5y),$$

$$5x + 2,5y = 0,21.$$

Молярная масса второго нитрата составляет 189,0 г/моль — это нитрат цинка.

Количество вещества обоих нитратов составляет по 0,028 моль. Тогда массовая доля нитрата цинка составляет  $0,028 \cdot 189/20 = 26,46\%$ , массовая доля нитрата ртути — 73,54%.

**Ответ:** смесь состоит из 26,46%  $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$  и 73,54%  $\text{Hg}_2(\text{NO}_3)_2$ .

### **Задача № 2. «Согрей себя сам»**

См. 8-й класс. Задача № 1.

### **Задача № 3. Химический синтез в домашних условиях**

См. 8-й класс. Задача № 2.

### **Задача № 4. Соседи**

См. 8-й класс. Задача № 3.

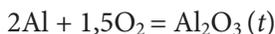
## Задача № 5. Без воды

### Вариант 1

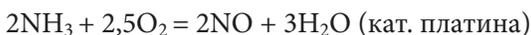
Ниже приведен один из вариантов решения этой задачи.

Главное, что должно быть в решении задачи — не использовать в ходе синтеза конечного продукта водные растворы или не использовать растворы вообще. Получение азотной кислоты из простых веществ:

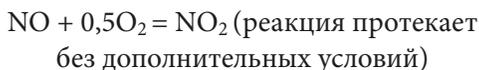
1-я стадия — синтез аммиака:



2-я — его каталитическое окисление до NO,



3-я окисление NO до NO<sub>2</sub>



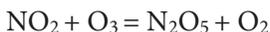
4-я реакция NO<sub>2</sub> с водой в присутствии кислорода.



Синтез ведется с использованием N<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, который может быть получен обезвоживанием азотной кислоты с помощью оксида фосфора:



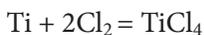
Реакцию следует проводить при пониженной температуре и в токе кислорода, с примесью озона для предотвращения разложения N<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Основные примеси — оксиды азота в более низких степенях окисления. В качестве альтернативного метода синтеза можно предложить окисление NO<sub>2</sub> озоном по реакции:



Конечный продукт получают по реакции:



Реакцию проводят в растворе CCl<sub>4</sub>. Четыреххлористый титан можно получить прямым синтезом или хлорированием диоксида.



Основной способ очистки конченного продукта — пересублимация в вакууме. Основные примеси — оксиды азота в более низких степенях окисления, кислород и NOCl.

## || 10-Й КЛАСС

### Задача № 1

См. 9-й класс. Задача № 1.

### Задача № 2. «Катион наносит ответный удар»

#### Вариант 1

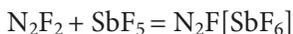
Из представленных свойств катиона следует, что он сильный окислитель. Поэтому, скорее всего, в реакциях участвует фтор. В таком случае, образующаяся во второй реакции легкокипящая жидкость — фтороводород. Первая реакция — реакция соединения, поэтому все её участники фториды. Наиболее сильными кислотами Льюиса являются фториды элементов 15-й группы — мышьяка и сурьмы. Фторид сурьмы является компонентом суперкислот. Отсюда, используя это предположение, можно посчитать молекулярную массу катиона:

$$M = 235,7 \cdot 0,166 / 0,834 = 47 \text{ г/моль}$$

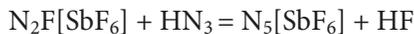
Элемента с такой массой нет. Если вычесть две атомные массы фтора, то остается 9 г/моль, что подходит под атомную массу бериллия, но он не может быть в с. о. +3. Остается вариант с одним фтором и  $M = 28$ , и это может быть кремний, но опять же в нехарактерной с. о. +2 либо два азота. По второй массовой доле можно установить число атомов азота в катионе:

$$M(\text{катиона}) = 235,7 \cdot 0,276 / 0,724 = 70 \text{ г/моль};$$
$$70 \text{ г/моль} : 14 \text{ г/моль} = 5 \text{ атомов}$$

Первая описанная реакция

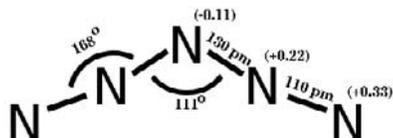


Вторая реакция



Искомая соль  $\text{N}_5[\text{SbF}_6]$ .

Структура катиона уголковая



так как соответствующий циклический фрагмент имеет антиароматичное число электронов.

Реакция с водой

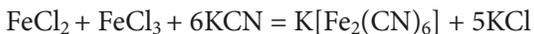
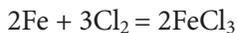
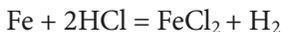
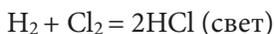


В зависимости от количества воды возможны и другие продукты гидролиза пентафторида сурьмы.

### Задача № 3

Вариант 1

Ниже приведен один из вариантов решения данной задачи.



## Задача № 4

### Вариант 1

Обозначим за  $X$ ,  $Y$  и  $Z$  число моль компонентов исходной смеси. По условию задачи известно, что в исходной смеси мольные доли компонентов соотносились как  $1 : 2 : 3$ , а общее число моль компонентов равнялось  $0,6$ . Следовательно,  $X = 0,1$  моль,  $Y = 0,2$  моль и  $Z = 0,3$  моль. В результате окисления получается смесь из двух компонентов ( $A$  и  $B$ ), поэтому необходимо рассмотреть 3 варианта:

- |                      |                   |
|----------------------|-------------------|
| 1) $A = X + Y = 0,3$ | $B = Z = 0,3$     |
| 2) $A = X + Z = 0,4$ | $B = Y = 0,2$     |
| 3) $A = X = 0,1$     | $B = Y + Z = 0,5$ |

Как известно, фенолы окисляются в хиноны. По условию задачи средняя молекулярная масса равна  $115$ . Простейший из хинонов 1,4-бензохинон имеет молекулярную массу равную  $108$ , а его ближайший гомолог —  $122$ . Поэтому одним из продуктов окисления обязательно должен быть 1,4-бензохинон, иначе средняя молекулярная масса смеси станет больше  $115$ .

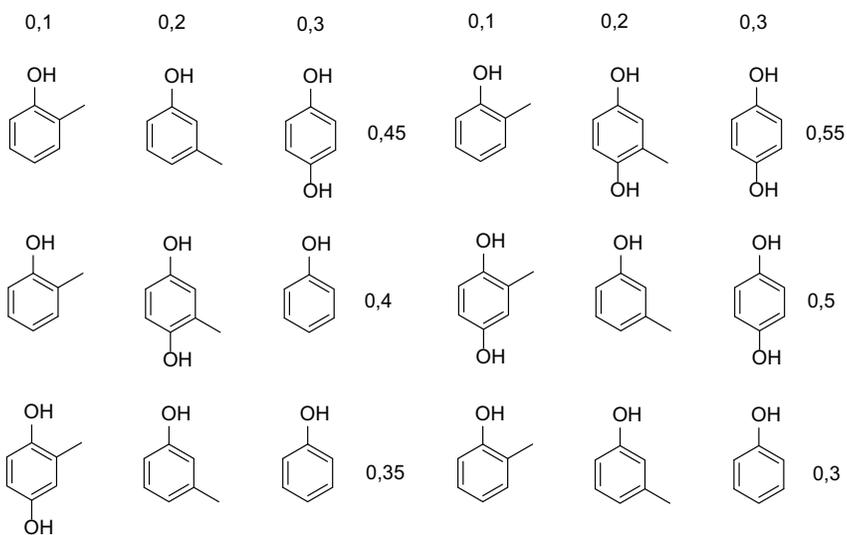
Для двухкомпонентной смеси  $M_{\text{см}} = M_A \cdot A / (A + B) + M_B \cdot B / (A + B)$ , если предположить, что один из компонентов 1,4-бензохинон, то, подставляя последовательно в уравнение, можно получить следующие значения для молекулярных масс компонентов.

- |               |             |                  |           |
|---------------|-------------|------------------|-----------|
| 1) $A = 108,$ | $B = 122$   | или $A = 122,$   | $B = 108$ |
| 2) $A = 108,$ | $B = 359$   | или $A = 233,5,$ | $B = 108$ |
| 3) $A = 108,$ | $B = 208,4$ | или $A = 610,$   | $B = 108$ |

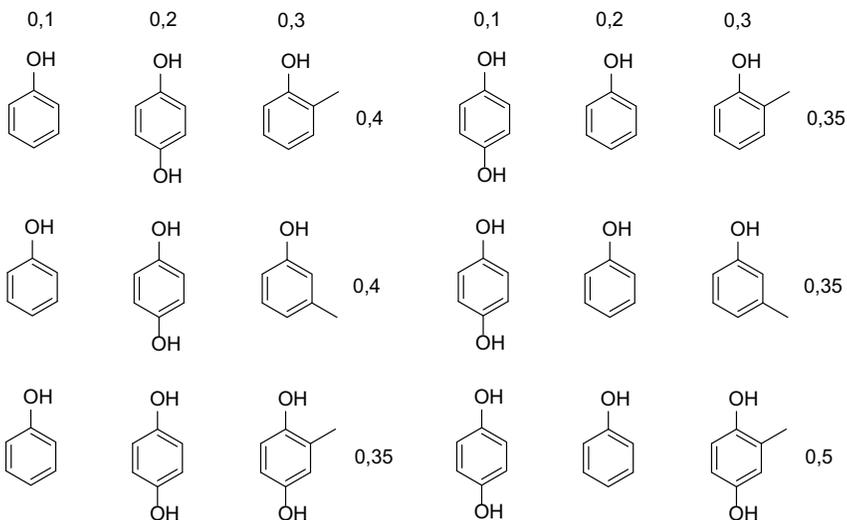
С учетом ограничений из условия задачи (фенолы содержали не более 8 атомов углерода каждый, а также только атомы  $O$  и  $H$ ) подходит вариант 1. Тогда продукты окисления это:



А варианты исходных фенолов следующие:  $A = 122$ ,  $B = 108$ .



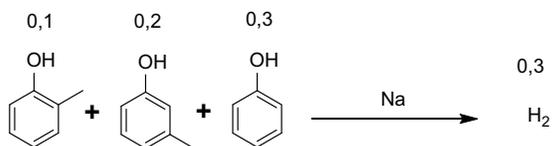
Или  $A = 108$ ,  $B = 122$ .



Для выбора правильного набора исходных фенолов необходимо провести расчёт по реакции фенолов с металлическим натрием.

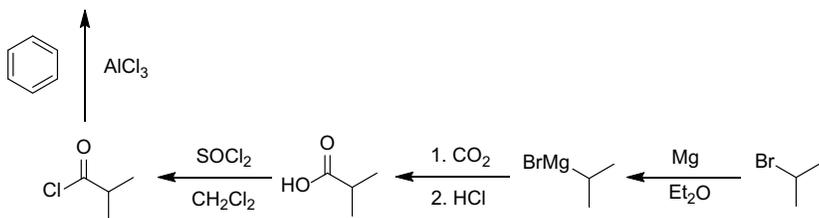
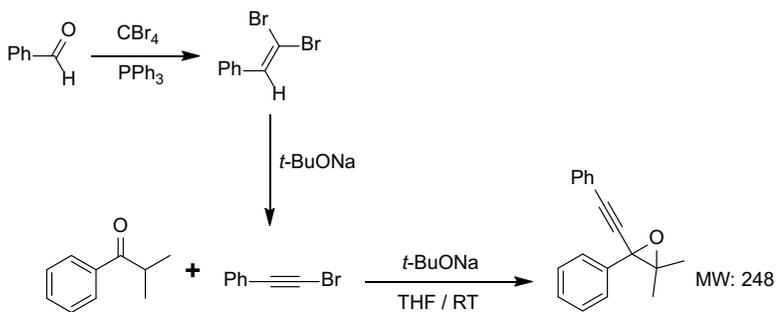
В зависимости от числа гидроксильных групп в феноле и числа моль соответствующего компонента будет выделяться разное количество водорода. По условию задачи выделяется 0,3 моль водорода,

значит в исходной смеси присутствовало 0,6 моль гидроксильных групп. Под эти условия подходит только 1 вариант.



### Задача № 5

#### Вариант 1



## || 11-Й КЛАСС

### Задача № 1

#### Вариант 1

1. Определим количество водорода, выделившегося в результате первого эксперимента



Пусть  $x$  л — объём добавленного раствора серной кислоты, тогда начальный объём инертного газа  $(1 - x)$  л (объёмом цинковой пыли можно пренебречь). Так как в результате реакции концентрации соли и кислоты стали одинаковыми, следовательно, прореагировала половина от общего количества кислоты, то есть  $0,1x/2 = 0,05x$  моль, и такое же количество водорода образовалось (реакция 1). Выразим количество инертного газа через его объём:

$$n(\text{ин. газа}) = \frac{PV}{RT} = \frac{101,325 \cdot (1-x)}{8,314 \cdot 293} = 0,0416(1-x) \text{ моль}$$

Через 5 минут газовая смесь будет содержать  $0,0416(1-x)$  моль инертного газа и  $0,05x$  моль водорода, а её давление будет равно  $101,325 \cdot 1,3 = 131,7225$  кПа. Подставив эти значения в уравнение Менделеева—Клапейрона (объём и температура газовой смеси не меняются) найдём  $x$ :

$$131,7225 \cdot (1-x) = (0,416 \cdot (1-x) + 0,05x) \cdot 8,314 \cdot 293 \quad x = 0,2 \text{ л}$$

Тогда количество выделившегося водорода  $n(\text{H}_2) = 0,01$  моль.

Чтобы определить начальную скорость выделения водорода, необходимо установить кинетическое уравнение реакции. Поскольку реакция металлов с кислотами является реакцией первого порядка, кинетическое уравнение имеет следующий вид:

$$v = k \cdot C_{f+},$$

где  $k$  — константа скорости реакции, а  $C_{f+}$  — начальная концентрация протонов. Константу скорости можно определить по данной в условии задачи зависимости концентрации реагента от времени:

$$\ln C = \ln C^0 - kt.$$

В случае первого эксперимента  $t = 5$  мин,  $C = 0,5C^0$  (реагирует половина кислоты). Тогда константа скорости при 293К будет равна

$$k_{293\text{K}} = \frac{\ln C^0 - \ln C}{t} = \frac{\ln \frac{C^0}{C}}{t} = \frac{\ln 2}{t} = 0,1386 \text{ мин}^{-1}$$

Тогда начальная скорость реакции будет равна

$$v^0 = k \cdot C_{\text{I}}^0 = 0,1386 \cdot 0,02 = 0,00277 \text{ моль} \cdot \text{л}^{-1} \cdot \text{мин}^{-1},$$

а скорость выделения водорода в результате первого эксперимента будет в 2 раза меньше —  $0,001385 \text{ моль} \cdot \text{мин}^{-1}$ . Чтобы перейти к требуемой размерности (л/мин), нужно это значение умножить на молярный объём газа при данных условиях (293К, 101,32 кПа), который, в свою очередь, можно найти по уравнению Менделеева—Клапейрона для 1 моль газа:

$$V_M = \frac{n \cdot R \cdot T}{P} = \frac{1 \cdot 8,314 \cdot 293}{101,325} = 24,04 \text{ л/моль}$$

$$v^0(\text{H}_2) = 0,001385 \cdot 24,04 = 0,0333 \text{ л/мин}$$

2. 1) при использовании гранул цинка скорость выделения водорода уменьшится, поскольку резко уменьшится площадь границы раздела фаз (твёрдого цинка и раствора кислоты);
- 4) при использовании алюминиевой пудры скорость выделения водорода увеличится, поскольку алюминий является более активным металлом, чем цинк.

3. Определим количество водорода, выделившегося в результате второго эксперимента. Объём газовой смеси и количество инертного газа остались такими же, как и в первом случае. Тогда, приняв за  $x$  количество водорода, можно записать уравнение Менделеева—Клапейрона и найти  $x$ :

$$131,7225 \cdot 0,8 = (0,03328 + x) \cdot 8,314 \cdot 298 \quad x = 0,009253 \text{ л}$$

Следовательно, прореагировало столько же серной кислоты. Тогда концентрация оставшейся серной кислоты составит

$$C(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{0,1 \cdot 0,2 - 0,009253}{0,2} = 0,005374 \text{ М},$$

а концентрация образовавшегося сульфата цинка будет равна

$$C(\text{ZnSO}_4) = 0,01 - 0,005374 = 0,004626 \text{ М}$$

Воспользовавшись данным в условии задачи уравнением, можно найти константу скорости при этой температуре

$$k_{298\text{K}} = \frac{\ln C^0 - \ln C}{t} = \frac{\ln \frac{C^0}{C}}{t} = \frac{\ln \frac{0,01}{0,005374}}{3,5} = 0,1774 \text{ мин}^{-1}$$

Теперь, зная две константы скорости при двух температурах по уравнению Аррениуса, можно найти энергию активации реакции. Для удобства запишем уравнение Аррениуса в логарифмическом виде:

$$k = A \cdot e^{-\frac{E_A}{RT}} \quad \ln k = \ln A - \frac{E_A}{RT}$$

Зная две константы скорости, можно составить систему уравнений:

$$\begin{cases} \ln k_{293} = \ln A - \frac{E_A}{293R} \\ \ln k_{298} = \ln A - \frac{E_A}{298R} \end{cases}$$

Вычитая из первого уравнения второе, получим выражение

$$\ln k_{293} - \ln k_{298} = -\frac{E_A}{293R} + \frac{E_A}{298R}$$

$$\ln \frac{k_{293}}{k_{298}} = \frac{E_A}{R} \left( \frac{1}{298} - \frac{1}{293} \right)$$

Откуда выразим и рассчитаем энергию активации:

$$E_A = \frac{R \ln \frac{k_{293}}{k_{298}}}{\left( \frac{1}{298} - \frac{1}{293} \right)} = \frac{8,314 \ln \left( \frac{0,1386}{0,1774} \right)}{\left( \frac{1}{298} - \frac{1}{293} \right)} = 35834 \text{ Дж/моль}$$

4. Аналогично п. 3, определим количество выделившегося водорода и концентрацию оставшейся серной кислоты:

$$131,7225 \cdot 0,8 = (0,03328 + x) \cdot 8,314 \cdot 308 \quad x = 0,007872 \text{ л}$$

$$C(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{0,1 \cdot 0,2 - 0,007872}{0,2} = 0,006064 \text{ М}$$

Для того чтобы определить время, нам необходимо знать константу скорости при данной температуре  $k_{308}$ , которую можно рассчитать по уравнению Аррениуса, зная энергию активации, и константу скорости при другой температуре, например, при 293К:

$$\ln \frac{k_{293}}{k_{308}} = \frac{E_A}{R} \left( \frac{1}{308} - \frac{1}{293} \right)$$

$$\ln \frac{0,1386}{k_{308}} = \frac{35834}{8,314} \left( \frac{1}{308} - \frac{1}{293} \right)$$

$$k_{308} = 0,2837 \text{ мин}^{-1}$$

Теперь найдем время, за которое достигается такое давление при данной температуре:

$$\ln C = \ln C^0 - kt$$

$$t = \frac{\ln C^0 - \ln C}{k_{293}} = \frac{\ln \frac{C^0}{C}}{k_{293}} = \frac{\ln \frac{0,01}{0,0064}}{0,2837} = 1,57 \text{ мин}$$

Скорость выделения водорода можно найти так же, как и при температуре 293К:

$$v^0 = k \cdot C_{I^+}^0 = 0,2837 \cdot 0,1 = 0,2837 \text{ моль} \cdot \text{л}^{-1} \cdot \text{мин}^{-1}$$

$$V_M = \frac{n \cdot R \cdot T}{P} = \frac{1 \cdot 8,314 \cdot 308}{101,325} = 25,27 \text{ л/моль}$$

$$v^0(\text{H}_2) = 0,1419 \cdot 25,27 = 3,59 \text{ л/мин}$$

5. Количество инертного газа в смеси 0,03328 моль, количество водорода будет в полтора раза больше, чем через 5 минут — 0,015 моль. Зная плотность газовой смеси, можно найти молярную массу инертного газа:

$$\rho = \frac{m_{\text{смеси}}}{V} = \frac{m_{\text{H}_2} + m_{\text{ин.газ}}}{V} = \frac{n_{\text{H}_2} \cdot M_{\text{H}_2} + M_{\text{ин.газ}} \cdot n_{\text{ин.газ}}}{V}$$

$$5,5 = \frac{0,015 \cdot 2 + M_{\text{ин. газ}} \cdot 0,03328}{0,8}$$

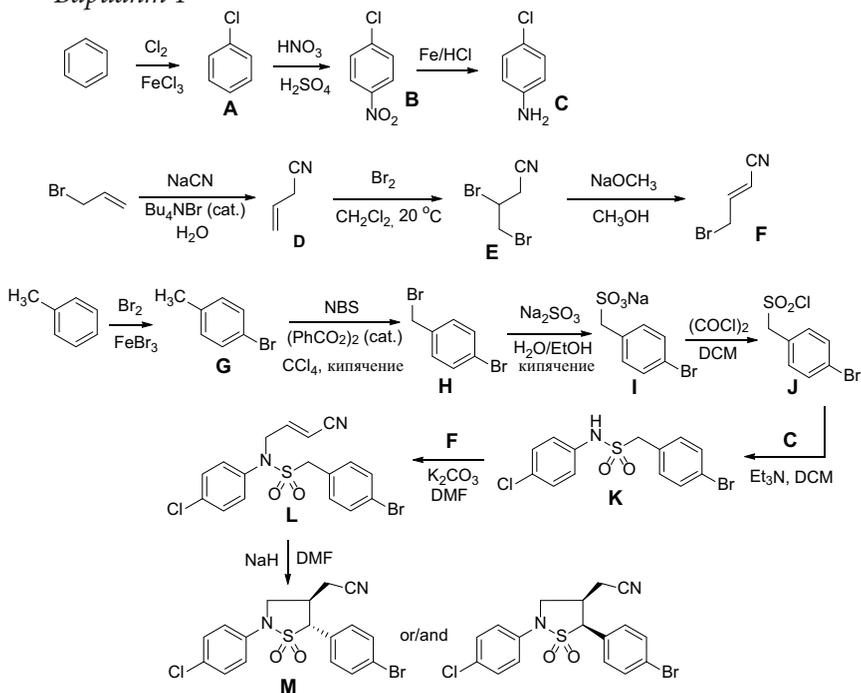
$$M_{\text{ин. газ}} = 131,3 \text{ г/моль}$$

Значит, инертный газ — это ксенон.

6. Значительное повышение цен на ксенон связано с его использованием в качестве безопасного анестезирующего средства при различных хирургических операциях, в том числе и в нейрохирургии.

## Задача № 2

### Вариант 1



## Задача № 3. «Катион наносит ответный удар»

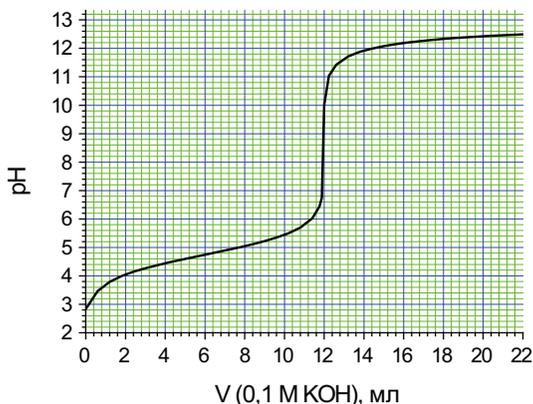
См. 10-й класс. Задача № 2.

## Задача № 4

См. 10-й класс. Задача № 4.

## Задача № 5. Старая кислота

### Вариант 1



Справочные данные:

Кислота	Константа диссоциации
Муравьиная	$1,8 \cdot 10^{-4}$
Уксусная	$1,8 \cdot 10^{-5}$
Бензойная	$6,6 \cdot 10^{-5}$

**Решение:**

Резкий скачок рН наблюдается при добавлении 12 мл 0,1 М КОН, что соответствует точке эквивалентности. Следовательно, концентрация кислоты составляет

$$12\text{мл} \cdot 0,1 \text{ моль/л} / 10 \text{ мл} = 0,12 \text{ моль/л}$$

Степень диссоциации можно определить из значения рН исходной кислоты (0 мл NaOH).

$$\text{pH}(0 \text{ мл NaOH}) = 2,8. [\text{H}^+] = 10^{-\text{pH}} = 0,0016 \text{ моль/л}$$

Степень диссоциации составляет

$$\alpha = [\text{H}^+] / C_0(\text{кислоты}) \cdot 100\% = 0,0016 / 0,12 = 1,3\%$$

Следовательно, кислота — слабая.

Для определения кислоты рассчитаем константу диссоциации. Так как  $\alpha = 1,3\%$ , то можно использовать приближение, что концентрация непродиссоциировавшей кислоты равна начальной концентрации. Тогда

$$[\text{H}^+] = \sqrt{k_{\text{дисс}} \cdot C_0},$$

Следовательно,

$$k_{\text{дисс}} = \frac{[\text{H}^+]^2}{C_0} = \frac{0,0016^2}{0,12} = 2,1 \cdot 10^{-5},$$

что наиболее близко к константе диссоциации уксусной кислоты. Неизвестная кислота — уксусная кислота.



## РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

*Кузьменко Н. Е., Еремин В. В., Попков В. А.* Начала химии. Современный курс для поступающих в ВУЗы. 9-е изд., перераб. и доп. М.: Экзамен, 2005.

*Кузьменко Н. Е., Еремин В. В.* 2500 задач по химии с решениями (для поступающих в вузы). М.: ОНИКС 21 век; Мир и образование, 2002.

*Еремина Е. А., Рыжова О. Н.* Справочник школьника по химии. М.: Экзамен, 2006.

*Еремин В. В., Кузьменко Н. Е., Лунин В. В.* и др. Химия 10 класс (профильный уровень). М.: Дрофа, 2008.

*Лидин Р. А., Молочко В. А., Андреева Л. Л.* Химические свойства неорганических веществ: учеб. пособие для вузов. 3-е изд., испр.. М.: Химия, 2000.

*Николаенко В. К.* Решение задач повышенной сложности по общей и неорганической химии. Киев, 1990.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Мы очень надеемся, что данное пособие будет полезно для более полного ознакомления с разделами химии, которые очень кратко освещены в школьной программе или вообще не затрагиваются. Если у Вас не получаются некоторые задания, не расстраивайтесь. Олимпиаде присвоен наивысший уровень (I уровень). Большинство заданий действительно очень сложные. Если Вы решили хоть какие-то задания, значит Вы очень хорошо знаете химию. Это Ваше. Занимайтесь ею, и она откроет перед Вами свои самые сокровенные тайны. Вы поймете, как это интересно. Мы ждём Вас на следующий год на своей олимпиаде. Дерзайте и Вы победите.

Учебное издание

ШКОЛЬНЫЕ ОЛИМПИАДЫ СПбГУ 2020

**ХИМИЯ**

*Учебно-методическое пособие*

Компьютерная верстка Ю. Ю. Тауриной

Подписано в печать 10.12.2020. Формат 60×90 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Усл. печ. л. 7. Тираж 300 экз. Print-on-Demand. Заказ №

Издательство Санкт-Петербургского университета.  
199004, Санкт-Петербург, В. О., 6-я линия, д. 11.  
Тел./факс +7(812) 328-44-22  
[publishing@spbu.ru](mailto:publishing@spbu.ru)



[publishing.spbu.ru](http://publishing.spbu.ru)

Типография Издательства СПбГУ. 199034, Санкт-Петербург, Менделеевская линия, д. 5.

*М. Ю. Лаврикова,  
первый проректор по учебной  
и методической работе СПбГУ*

Олимпиада школьников СПбГУ — это состязание, имеющее многолетнюю историю и давние традиции поддержки и развития исследовательского и творческого потенциала обучающихся. Олимпиада помогает школьникам не только расширить и углубить свои знания, но и приобрести комплексное, многогранное понимание предмета. Благодаря Олимпиаде будущие студенты получают необходимые навыки для успешного обучения по образовательным программам Университета, многие из которых носят междисциплинарный характер.

*А. Л. Хуришудян,  
начальник Управления  
по организации приема СПбГУ*

Сегодня Олимпиада школьников СПбГУ — одно из ведущих в России интеллектуальных соревнований, высокое качество которого ежегодно подтверждается Министерством науки и высшего образования Российской Федерации. Олимпиада школьников СПбГУ включена в перечень олимпиад, утвержденный Министерством, по 17 предметам (комплексам предметов), большинство из которых имеют первый, самый высокий уровень. Такая оценка свидетельствует о том, что олимпиадные задания не просто дают возможность проверить базовые школьные знания, а позволяют каждому участнику Олимпиады продемонстрировать свое научное творчество, применяя в ходе выполнения заданий весь спектр изыскательских, аналитических способностей.

ISBN: 978-5-288-06052-6



9 785288 060526